

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR



**Grado en Ingeniería de
Tecnologías y Servicios de Telecomunicación**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Desarrollo de un curso/taller de
introducción al tratamiento de imágenes**

**Lucía Pastor Cendoya
Tutor: José María Martínez Sánchez**

JULIO 2019

Desarrollo de un curso/taller de introducción al tratamiento de imágenes

AUTOR: Lucía Pastor Cendoya
TUTOR: José María Martínez Sánchez

Video Processing and Understanding Lab
Dpto. Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Julio de 2019

Resumen (castellano)

Este Trabajo Fin de Grado se trata de un curso/taller dirigido a la introducción del tratamiento de imágenes digitales con la herramienta Matlab. El curso queda dividido en dos versiones según el nivel del estudiantado, el curso principal dirigido a estudiantes preuniversitarios como un curso base y el segundo curso dirigido a estudiantes de la ESO o Bachillerato que aún no han elegido la especialidad. Este último es una adaptación de menor nivel que el curso base. A su vez los dos cursos van dirigidos a estudiantes que sienten curiosidad por el tratamiento tecnológico y que tienen inquietudes para estudiar una carrera STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). En este curso se dan las primeras lecciones del tratamiento digital de imágenes, en las que se aprende desde el concepto más básico como es la visión de una imagen digital como una matriz de píxeles que aportan información, hasta el tratamiento del ruido digital y la forma de mitigarlo. Es un proceso de aprendizaje en el que el nivel va aumentando con el progreso del curso, llegando a la sesión final en la que el estudiante tiene que aplicar todo lo aprendido y llegar a crear su propio filtro en función de la imagen proporcionada. Cada una de las sesiones del curso están fraccionadas en dos partes: la parte teórica, en la que se imparten los conocimientos de cada tema a través de presentaciones, y la parte práctica en el programa Matlab, en donde se ponen a prueba los conocimientos adquiridos en la teoría. Este curso ya se ha puesto en práctica en el proyecto de 'Quiero ser ingeniera', proyecto amparado por el Instituto de la Mujer y la Universidad Autónoma de Madrid, en el campus de verano 'Edición de imagen'.

Abstract (English)

This Final Year Dissertation is a course/workshop aimed at the introduction digital image processing with the Matlab tool. The course is divided into two versions according to the level of the student, the main course aimed at pre-university students as a base course and the second course aimed at Secondary school or Baccalaureate students who have not yet chosen the specialty. The latter is a lower-level adaptation of the base course. In turn, the two courses are aimed at students who are curious about technological treatment and who have concerns about studying a STEM career (Science, Technology, Engineering and Mathematics). This course gives the first lessons of digital image processing, where you learn from the most basic concept such as the vision of a digital image as an array of pixels that provide information, to the treatment of digital noise and how to mitigate it. It is a learning process in which the level increases with the progress of the course, arriving at the final session in which the student has to apply everything learned and get to create their own filter based on the image provided. Each of the sessions of the course are split into two parts: the theoretical part, in which knowledge of each topic is taught through presentations, and the practical part in the Matlab programme, where the knowledge acquired in theory is tested. This course has already been implemented in the 'I want to be an engineer' project, project covered by the Women Institute and the Autonomous University of Madrid, on the summer campus 'Image Edition'.

Palabras clave (castellano)

Curso, tratamiento, estudiantes, imagen, digital.

Keywords (inglés)

Course, image, digital, students.

INDICE DE CONTENIDOS

1 Introducción.....	1
1.1 Motivación.....	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Estado del arte	2
1.4 Organización de la memoria.....	3
2 Diseño	5
2.1 Niveles	5
2.1.1 Nivel Curso base.....	5
2.1.2 Nivel ESO/Bachillerato	5
2.2 Temas del Curso	6
2.2.1 Descripción de los temas	6
2.3 Sesiones del curso.....	8
3 Desarrollo de contenidos del curso base.....	9
3.1 La imagen como señal	9
3.1.1 Imagen blanco y negro.....	9
3.1.2 Digitalización de una imagen	10
3.2 La imagen digital a color	12
3.2.1 Imagen a color RGB	12
3.2.2 Imagen a color CMY	13
3.3 Brillo, contraste y saturación	14
3.3.1 Brillo de una imagen.....	14
3.3.2 Contraste de una imagen.....	14
3.3.3 Saturación de una imagen.....	15
3.4 Operadores puntuales	15
3.4.1 Operador Umbral Binario	16
3.4.2 Energía y entropía.....	16
3.4.3 Modelado de histograma.....	17
3.4.4 Ruido digital	18
3.5 Operadores locales.....	20
3.5.1 Suavizado digital	20
3.6 Proyecto Final.....	22
4 Validación en un curso real: taller del ‘Campus Engineering Girl de QSI’	23
5 Conclusiones y trabajo futuro	27
5.1 Conclusiones.....	27
5.2 Trabajo futuro.....	27
Referencias	29
Apéndices	31
A Material base docente	31
B Programa ‘Campus QSI’	45
C Material adaptado ‘Campus QSI’	47

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. SCRIPT MATLAB FORMATO INTERACTIVO.	6
FIGURA 2. SEÑAL ANALÓGICA Y SEÑAL DIGITAL.	9
FIGURA 3. IMAGEN MONOCROMÁTICA VS IMAGEN ESCALA GRISES.....	9
FIGURA 4. DIGITALIZACIÓN DE UNA SEÑAL ANALÓGICA.	10
FIGURA 5. SEÑAL MUESTREADA.....	10
FIGURA 6. MALLADO.....	10
FIGURA 7. SEÑAL CUANTIFICADA.	11
FIGURA 8. SEÑAL CODIFICADA.....	11
FIGURA 9. IMAGEN A COLOR RGB.	12
FIGURA 10. CANALES RGB.....	12
FIGURA 11. CANALES EXTRAÍDOS.....	12
FIGURA 12. MODELO CMY.	13
FIGURA 13. IMÁGENES CON DISTINTOS NIVELES DE BRILLO.	14
FIGURA 14. IMÁGENES CON BAJO Y ALTO CONTRASTE.	14
FIGURA 15. IMÁGENES CON DISTINTOS NIVELES DE SATURACIÓN.....	15
FIGURA 16. OPERADOR PUNTUAL.	15
FIGURA 17. OPERADOR UMBRAL BINARIO.	16
FIGURA 18. ENERGÍAS Y ENTROPÍAS DE DOS IMÁGENES DISTINTAS.	16
FIGURA 19. HISTOGRAMA DE UNA IMAGEN.	17
FIGURA 20. HISTOGRAMAS IGUALES PARA IMÁGENES CON DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DISTINTA.....	17
FIGURA 21. HISTOGRAMAS DE DOS IMÁGENES CON NIVELES DE BRILLO DIFERENTES.	18
FIGURA 22. IMAGEN RUIDO ‘SAL Y PIMIENTA’.	18
FIGURA 23. IMAGEN RUIDO GAUSSIANO	19
FIGURA 24. IMAGEN RUIDO DE POISSON.	19

FIGURA 25. IMAGEN RUIDO DE LA LUMINANCIA.	19
FIGURA 26. IMAGEN RUIDO DE LA CROMINANCIA.....	20
FIGURA 27. MÁSCARA 3X3 SUAVIZADO MEDIA.	20
FIGURA 28. IMÁGENES SUAVIZADO MEDIA.	21
FIGURA 29. IMÁGENES SUAVIZADO GAUSSIANO.	21
FIGURA 30. PROYECTO FINAL IMÁGENES MEJORADAS.	22
FIGURA 31. PÁGINA WEB ‘QUIERO SER INGENIERA’ DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID.	23
FIGURA 32. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL ALUMNADO MATRICULADO EN ESTUDIOS DE GRADO Y 1º Y 2º CICLO SEGÚN SEXO Y ÁMBITO DE ESTUDIO. CURSO 2017-2018. FUENTE: ESTADÍSTICAS MCNU (MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES).....	23
FIGURA 33. SESIÓN TALLER ‘EDICIÓN DE IMAGEN’. JUNIO 2019.....	24
FIGURA 34. PRESENTACIÓN TEORÍA DEL TALLER ‘EDICIÓN DE IMAGEN’.....	25
FIGURA 35. PRÁCTICA DEL TALLER ‘EDICIÓN DE IMAGEN’.....	25
FIGURA 36. ALUMNAS PRESENTANDO EL PROYECTO FINAL. JUNIO 2019.	26

1 Introducción

1.1 Motivación

El tratamiento de imágenes es algo que está más presente de lo que imaginamos en nuestras vidas, desde la mejora de nuestras fotos personales hasta aplicaciones reales como la detección de rostros o la realidad aumentada.

Los filtros a los que tenemos fácil acceso a través de las distintas aplicaciones nos permiten subir y bajar el nivel de los diversos parámetros de nuestra imagen. Sin embargo, ¿Que hay detrás de todo esto? Es importante conocer en el siglo en que vivimos el tratamiento de la información digital en las imágenes, el cuál es la base de todos los desarrollos tecnológicos futuros.

Este trabajo pretende asentar las bases del concepto de imagen digital y su tratamiento más profundo. Todo el mundo conoce lo que es una imagen digital como aquella imagen que puede ser almacenada, tratada, visualizada, transmitida... Pero no todo el mundo conoce lo que hay detrás de ella y lo mismo pasa con los filtros.

Este curso va dirigido a personas sin conocimientos previos del tratamiento digital de las imágenes que tienen curiosidad sobre la digitalización de la imagen y su proceso. Puede ser utilizado para fomentar los conocimientos tecnológicos, sabiendo que un futuro más presente que nunca es indispensable tener conocimientos del ámbito digital tecnológico.

Se trata de un Trabajo de Fin de Grado doble en el que Rocío Pascual Cozar y yo hemos desarrollado material docente para un curso para la iniciación al tratamiento digital de las imágenes. Cada una de nosotras ha desarrollado su material con la posibilidad de ser unificado en un solo curso más completo. Este material ha sido utilizado de manera unificada con la colaboración de más personal para la adaptación al proyecto ‘Quiero ser Ingeniera’ en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid durante el curso 2018-2019.

Todas las imágenes originales que han sido utilizadas en el curso han sido tomadas de internet (contenido libre) y transformadas con código propio.

1.2 Objetivos

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado ha sido crear un curso que reuniese todas las expectativas fijadas. Un curso de iniciación al procesado de imágenes, para el que no fuera necesario un conocimiento previo, y a su vez que estuviera adaptado a los distintos niveles del estudiantado, desde un curso de iniciación a la universidad a uno de nivel universitario pero con vocación transversal, esto es, para estudiantes de ramas distintas a la ingeniería.

Un curso que reuniera todos los conceptos fundamentales de la cadena de una imagen: la adquisición, la representación, el procesado y el almacenamiento. En el que se aprendieran en profundidad los conceptos más básicos: brillo, contraste, saturación, nitidez... Y conceptos más avanzados: operadores puntuales, ruido digital, suavizado digital...

También entre otros objetivos la capacidad de desarrollo individual y en equipo en los ejercicios teóricos y prácticos. Preguntas y ejercicios que hiciesen reflexionar a los

estudiantes sobre el tema en concreto y que a través de la puesta en común de conocimientos o de intuiciones se llegase a una solución correcta.

Uno de los objetivos principales, teniendo como foco cursos de iniciación a la universidad, es que el estudiante se introdujese en la realidad del tratamiento digital a través de las herramientas proporcionadas, las que se utilizan en la realidad en una ingeniería, antes de tomar la elección de escoger o no una carrera STEM.

1.3 Estado del arte

Se pueden apreciar distintas posibilidades en la elección de cursos cortos destinados a la formación.

Los cursos denominados MOOCs (Massive Open Online Course) son una formación online cuya característica es la difusión en línea masiva y abierta. Lo que hace que un curso sea un MOOC es el hecho de que va dirigido a todas las personas, y no a un grupo de destinatarios específicos. En estos cursos hay opciones de diferentes métodos de enseñanza, métodos más tradicionales de educación a distancia y otros métodos en los que los estudiantes toman un papel más participativo con un aprendizaje continuo y compartido de los usuarios.

Los cursos MOOCs se caracterizan por ser cursos que utilizan recursos como documentos, videos, enlaces, espacios de debate. Internet es una pieza fundamental que permite un fácil acceso desde cualquier lugar. La comunicación en estos cursos vía Internet puede ser de estudiante a estudiante o de estudiante a profesor. A lo largo de estos cursos hay una serie de pruebas que evalúan al estudiante para obtener o no la acreditación del curso.

Algunas de las plataformas más conocidas que imparten estos cursos son edX y Coursera, que ofrecen cursos de alta calidad cuyos contenidos provienen de instituciones educativas de todo el mundo. Los cursos tienen un programa específico, estos son accesibles a todo el mundo como oyentes y con la posibilidad de inscribirte para tener funciones adicionales.

Entre los cursos más populares de la plataforma edX en los que participa la Universidad Autónoma de Madrid están ‘Introducción a la Ingeniería del Software’ e ‘Introducción al desarrollo de aplicaciones web’. Por otro lado, los cursos más demandados en la plataforma Coursera son ‘Machine Learning’ y ‘Aprendiendo aprender’, relacionados con las habilidades en la tecnología y con aptitudes sociales y de comunicación.

En la sociedad de la información en la que vivimos y la digitalización intensiva que nos rodea se convierte en fundamental la existencia de cursos relacionados con las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación).

Este curso de introducción a la imagen digital se diseñó para impartirse de manera tradicional, aunque a un futuro con algunas modificaciones e inclusiones podría impartirse de manera virtual.

El curso que se desarrolla en este trabajo se puede emplear como un curso cero preuniversitario, que suple algunos vacíos existentes entre la educación en la escuela y en la universidad. También puede ser empleado como curso de formación transversal. Este curso a su vez promociona las carreras de las STEM, en un futuro en el que la alfabetización digital se considera una pieza clave profesional.

1.4 Organización de la memoria

La memoria consta de los siguientes capítulos:

- **Capítulo 2: Diseño.** En este capítulo se relatan los dos niveles existentes y la diferencia entre ellos en la parte teórica y en la práctica con los entornos de trabajo correspondientes. También el diseño del curso enumerando los temas a tratar y la forma que se distribuyen en las sesiones del curso.
- **Capítulo 3: Desarrollo de los contenidos del curso base.** En este capítulo se exponen los temas del curso base. Cada sección del capítulo corresponde a un tema cuyo contenido se desarrolla a través de explicaciones e imágenes. En cada uno se explica el objetivo de aprendizaje de cada parte del tema, de la parte teórica y la parte practica en la que se detallan los ejercicios a realizar.
- **Capítulo 4: Validación de un curso real: taller del ‘Campus Engineering Girl de QSI’.** En este capítulo se expone el ‘Campus Engineering Girl de QSI’ y se detallan algunos de los cambios necesarios para la adaptación del curso base al campus ‘Edición de imagen’.
- **Capítulo 5: Conclusiones y trabajo futuro.** En este capítulo se concluirá el trabajo y se dan las razones por las que se decidió escoger este trabajo de fin de grado.

2 Diseño

El curso base suma una duración total de 12 horas. Con seis sesiones de dos horas que abarcan distintos temas, cada sesión consta de una parte teórica y de otra práctica que se desarrollan de formas diferentes.

La parte teórica se desarrolla con presentaciones de Power Point, con la dificultad adecuada para cada nivel, la proporción imágenes y texto dependerá del nivel de los estudiantes.

La parte práctica se desarrolla en el programa Matlab, herramienta estándar para ingenieros y científicos que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio. Matlab soporta distintos formatos, utilizaremos uno u otro en función de la necesidad de cada nivel. La elección de este programa para el desarrollo del curso venía dada en la propuesta del TFG.

2.1 Niveles

2.1.1 Nivel Curso base

La teoría del nivel del curso base se desarrolla a través de presentaciones de Power Point. Presentaciones proporcionales en imágenes y texto que contienen funciones como gradientes, matrices o derivadas. Algunas diapositivas contienen preguntas o ejercicios que incitan al estudiante a reflexionar y ejercitarse con el temario.

La práctica se desarrolla en el programa Matlab en el formato original de esta herramienta, caracterizada por scripts que contienen varias líneas secuenciales de comandos (extensión '.m'). En los scripts el código que hay que cambiar aparece definido con 'XXX' que tendrá que ser sustituido por la respuesta correcta. Los ejercicios se resuelven con la ayuda de un guion en formato PDF que permite encaminar al estudiante en el desarrollo de los ejercicios de la práctica, contiene preguntas de los ejercicios realizados. La dificultad del guion está en saber entenderlo e interpretarlo para poder realizar la práctica.

El apéndice A recoge un tema entero del nivel curso base la parte teórica con las presentaciones y la parte práctica con el guion con los ejercicios.

2.1.2 Nivel ESO/Bachillerato

Este nivel es una adaptación del curso base para la utilización del curso en el proyecto 'Quiero ser ingeniera' del que hablaremos más adelante.

La teoría de este nivel con menos dificultad se desarrolla a través de presentaciones de Power Point. Presentaciones más visuales y con menos texto en las que se suprimen o no se entra en profundidad en algunos conceptos que pueden resultar complicados para los estudiantes como derivadas, gradientes o algunos algoritmos. Parte de las diapositivas se dedican al recordatorio de temas pasados, en estas también se incluyen capturas de los scripts de las prácticas y la solución para que estas sean guiadas en el proyector de la clase.

La práctica se desarrolla en el programa Matlab en el formato interactivo que ofrece esta herramienta (extensión '.mlx'). Formato de archivo de código en vivo que utiliza la

tecnología de convenciones de empaquetado abierto, que es una extensión del archivo zip. El código y el contenido creado se almacena en un documento XML.

Este formato interactivo ofrece muchas posibilidades, títulos y encabezados que proporcionan una visión más estructurada, la posibilidad de ejecutar el código por partes, visualizar las imágenes generadas en el mismo script. Cada práctica se compone de tareas y cada una de estas tiene una línea con una breve descripción del ejercicio a realizar, a su vez el código que hay que cambiar está definido con 'XXX' que tendrá que ser sustituido con la respuesta correcta (ver figura 1).



Figura 1. Script Matlab formato interactivo.

El apéndice C recoge un tema entero del nivel ESO/Bachillerato utilizado en el proyecto QSI con la presentación de la parte teórica y la parte práctica guiada.

2.2 Temas del Curso

El curso se divide en los siguientes temas: 'La imagen como señal', 'La imagen a color', 'Efecto sepia y negativo', 'Brillo, contraste y saturación', 'Operadores puntuales', 'Operadores locales', 'Nitidez', 'Efectos' y 'Proyecto Final'.

2.2.1 Descripción de los temas

- 'Introducción al entorno de trabajo, Matlab'
- 'La imagen como señal'
 - La imagen digital
 - Imagen blanco y negro
 - Digitalización de una imagen analógica, etapas: muestreo, cuantificación y codificación

- ‘La imagen digital a color’
 - La imagen a color
 - Imagen a color RGB
 - Imagen a color CMY
- ‘Transformaciones de color’
 - Transformación de color YUV
 - Transformación de color YIQ
 - Transformación de color HSI
 - Transformación de color HSV
- ‘Efecto sepia y el negativo’
 - Efecto sepia
 - Efecto negativo
- ‘Brillo, contraste y saturación’
 - Brillo de una imagen.
 - Contraste de una imagen
 - Saturación de una imagen
- ‘Operadores puntuales’
 - Operador puntual
 - Operador umbral binario
 - La energía y entalpía de una imagen
 - Modelado de histograma de una imagen
 - Añadir ruido a una imagen
- ‘Operadores locales’
 - Operador local
 - Operadores detección de bordes mediante los operadores: Roberts, Prewitt, Sobel y Canny
 - Operador suavizado de ruido
- ‘Nitidez’
- ‘Efectos’
 - Combinación de dos imágenes
 - Montaje de imágenes
 - Efecto Mirror
 - Transformaciones geométricas
- ‘Proyecto Final’

Los temas realizados por mí son:

- ‘La imagen como señal’
- ‘La imagen digital a color’
- ‘Brillo, contraste y saturación’
- ‘Operadores puntuales’.
- ‘Operadores locales’ la parte del operador suavizado del ruido.
- ‘Proyecto final’ que se ha desarrollado de manera conjunta con mi compañera Rocío Pascual.

2.3 Sesiones del curso

Cada sesión del curso abarca distintos temas según el siguiente esquema:

Sesión 1:

- ‘Introducción al entorno de trabajo, Matlab’
- ‘La imagen como señal’
 - La imagen digital
 - Imagen blanco y negro
 - Digitalización de una imagen analógica, etapas: muestreo, cuantificación y codificación

Sesión 2:

- ‘Transformaciones de color’
 - Transformación de color YUV
 - Transformación de color YIQ
 - Transformación de color HSI
 - Transformación de color HSV
- ‘Efecto sepia y el negativo’
 - Efecto sepia
 - Efecto negativo
- ‘Brillo, contraste y saturación’
 - Brillo de una imagen.
 - Contraste de una imagen
 - Saturación de una imagen

Sesión 3:

- ‘Operadores puntuales’
 - Operador puntual
 - Operador umbral binario
 - La energía y entalpía de una imagen
 - Modelado de histograma de una imagen
 - Ruido a una imagen

Sesión 4:

- ‘Operadores locales’
 - Operador local
 - Operadores detección de bordes mediante los operadores: Roberts, Prewitt, Sobel y Canny
 - Operador suavizado de ruido
- ‘Nitidez’

Sesión 5:

- ‘Efectos’
 - Combinación de dos imágenes
 - Montaje de imágenes
 - Efecto Mirror
 - Transformaciones geométricas

Sesión 6:

- ‘Proyecto Final’

Los temas han quedado distribuidos de esta forma para un desarrollo lógico y progresivo del curso. En la sesión final se ponen en común los temas desarrollados por los dos trabajos de fin de grado paralelos.

3 Desarrollo de contenidos del curso base

A continuación, se presentarán los temas del curso/taller realizados por mí. En cada apartado de cada tema se describen los objetivos teóricos y los objetivos prácticos. En el apéndice A se puede ver un ejemplo del material base docente para el curso de introducción con la presentación y el guion establecidos. Para ver en detalle el material correspondiente del curso base ir a la siguiente dirección:

http://www-vpu.eps.uam.es/talleres_imagen/¹

3.1 La imagen como señal

La imagen digital, reconocida como una matriz numérica de píxeles que aportan información a términos de brillo, contraste, color, calidad y definición.

La imagen analógica responde a una señal con infinitos valores de amplitud en el espacio. La imagen digital responde a una señal con finitos de valores de amplitud en función del número de bits que tenga, el valor de amplitud cambia con el espacio de muestreo de la señal (ver figura 2).

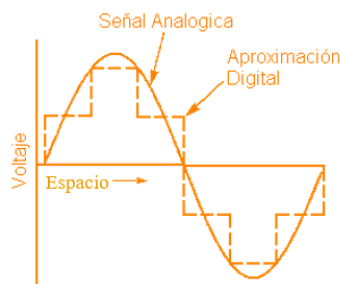


Figura 2. Señal analógica y señal digital.

3.1.1 Imagen blanco y negro

La gama de grises de una imagen digital en blanco y negro varía con el número de bits empleados. Partiendo de la imagen binaria monocromática con una profundidad de un bit (negro y blanco) y la profundidad de 8 bits que permite 256 tonos de grises (ver figura 3).

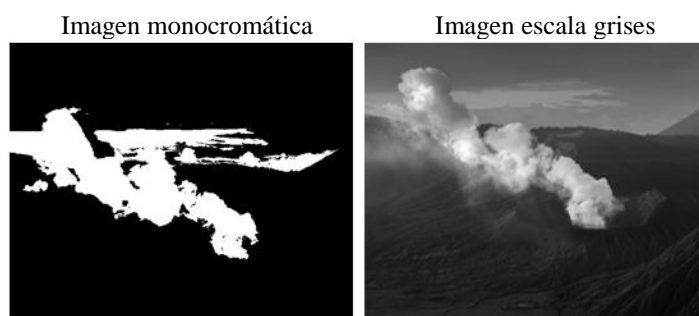


Figura 3. Imagen monocromática vs imagen escala grises.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point el concepto de imagen digital. Las diferencias entre la señal de una imagen analógica y una digital y los pros y contras de ambas imágenes. También la profundidad de bit de las imágenes digitales en blanco y negro.

¹ En el caso de tener algún problema contactar con: josem.martinez@uam.es

Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar los siguientes ejercicios:

- Pixelar una imagen dada a partir de la función customizada 'pixelar', la cual recibe como parámetros la imagen de entrada y el grado de pixelado, este último simula el efecto de la resolución (píxeles por pulgada). Representar imágenes con distintos grados de pixelado.
- Convertir una imagen color a una imagen blanco y negro con la función 'rgb2gray' de Matlab y a su vez convertir la imagen obtenida a una imagen binaria con la función 'im2bw' de Matlab. Representar ambas imágenes y relacionar el rango de valores de los píxeles de las imágenes obtenidas con la profundidad de bit.

3.1.2 Digitalización de una imagen

La digitalización de una imagen es el proceso que nos permite convertir una señal analógica en una digital. Este proceso consta de tres etapas: el muestreo, la cuantificación y la codificación (ver figura 4).

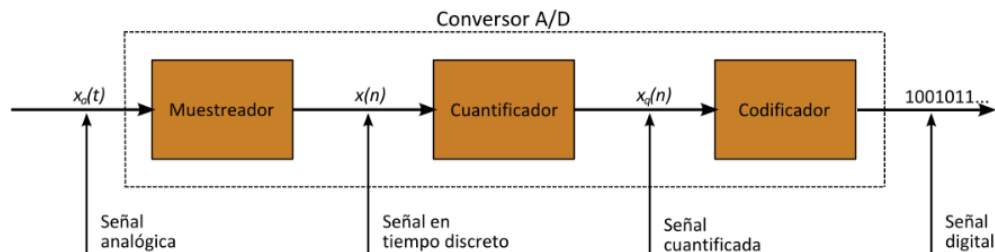


Figura 4. Digitalización de una señal analógica.

La primera etapa de la digitalización es el muestreo. Consiste en tomar muestras de una señal analógica continua a una tasa de muestreo constante obteniendo una señal discreta (ver figura 5). A su vez el muestreo produce distintas matrices bidimensionales según las muestras recogidas en los diferentes puntos espaciales, las dimensiones de esta matriz determinaran el grado de pixelado de la imagen (ver figura 6).

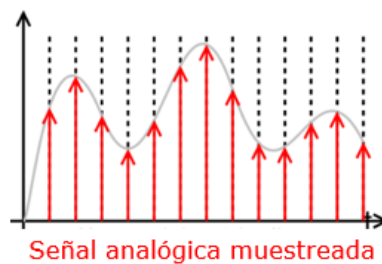


Figura 5. Señal muestreada.



Figura 6. Mallado.

La segunda etapa, la cuantificación. Consiste en la asignación de niveles según las amplitudes recogidas en el muestreo (ver figura 7). La cantidad de bits de asignación marcará la cantidad de tonalidades de grises. En esta etapa aparece lo que se conoce como error de cuantificación, la diferencia existente entre la señal antes de ser cuantificada y la cuantificada. Para minimizar los errores de cuantificación se utilizan distintas técnicas dependiendo de la señal a cuantificar: cuantificación uniforme, cuantificación no uniforme, cuantificación logarítmica y cuantificación vectorial.

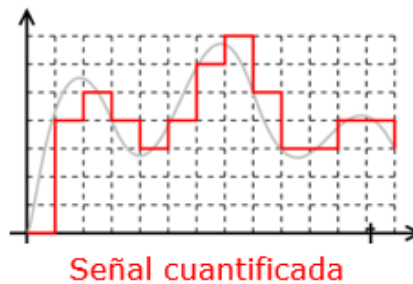


Figura 7. Señal cuantificada.

Por último, la etapa de la codificación digital, en la que se codifican los distintos valores cuantificados (ver figura 8). Del sistema decimal al binario, sistema posicional formado por '0's y '1's. Finalmente obtendríamos como imagen de salida una imagen digital.

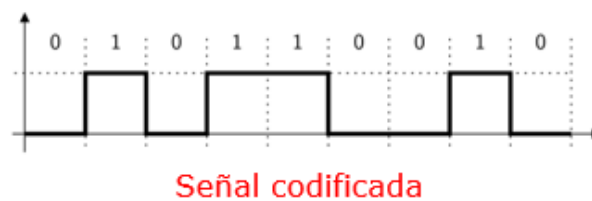


Figura 8. Señal codificada.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point el concepto de proceso de digitalización de una imagen. Todas y cada de las etapas que lo componen y como y de qué manera estas van afectando a la conversión de la imagen digital.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar el siguiente ejercicio:
 - Variar los niveles de cuantificación de una imagen en blanco y negro mediante la función customizada 'recuantificar', la cual recibe como parámetros la imagen y el nivel de cuantificación. Representar la imagen recuantificada y relacionar el nivel de cuantificación con la escala de grises de la imagen resultante.

3.2 La imagen digital a color

Una imagen digital a color es una imagen compuesta por diferentes canales según el modelo, que combinados entre ellos proporcionan el color final de la imagen.

3.2.1 Imagen a color RGB

El modelo de color RGB representa imágenes a color basándose en la adición de los tres colores de luz primarios: Red (rojo), Green (verde) y Blue (azul). Cada plano o canal correspondiente a cada color tiene su matriz de píxeles con valores de entre 0 y 255. Con lo que cada píxel está formado por los tres valores de cada plano, que en su adición forman el color final (ver figura 9).

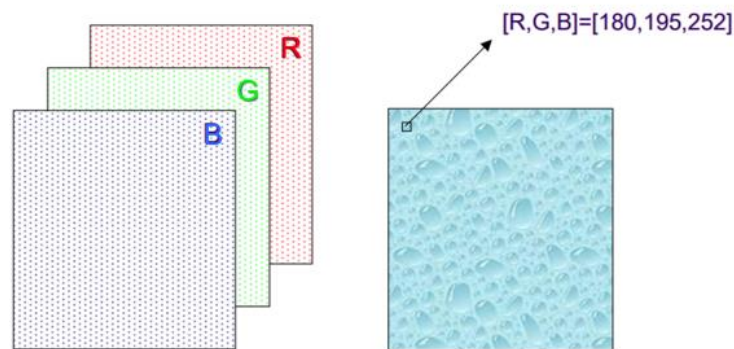


Figura 9. Imagen a color RGB.

Si obtenemos de una imagen a color RGB cada canal por separado obtendríamos una imagen en blanco y negro por cada uno de los canales, distinguiendo las zonas más blancas aquellas en las que el canal tiene mucho peso y las más negras las que menos (ver figura 10).

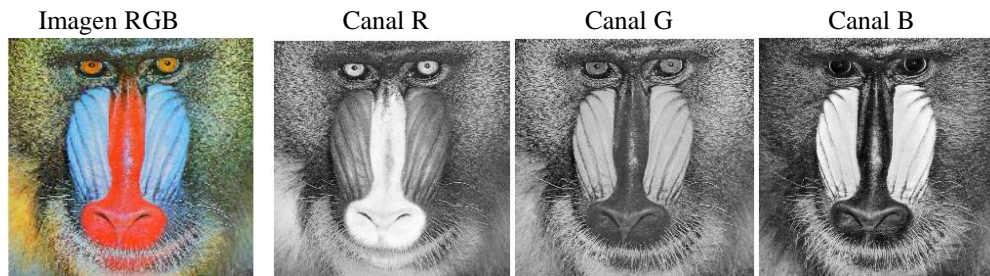


Figura 10. Canales RGB.

También podemos extraer los planos de cada color poniendo nulos el resto (ver figura 11).

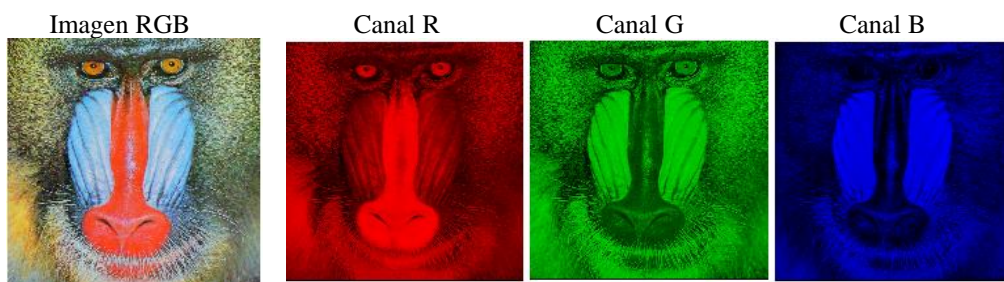


Figura 11. Canales extraídos.

El sistema de representación cromática RGB es el que utilizan actualmente las pantallas digitales. Los monitores que representan las imágenes están compuestos de una malla de millones de diodos electroluminiscentes (LED). Cada uno de estos LED está formado por tres subpíxeles que se iluminaran con cada color.

Este sistema cromático es utilizado por defecto en programas de diseño como Photoshop y Adobe Illustrator. También se utiliza en impresoras ploter, que tienen la característica de una impresión lineal.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point el concepto de imagen digital a color y la imagen a color RGB. También cuando se utiliza este modelo de color.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar los siguientes ejercicios:
 - Obtener cada uno de los canales de la imagen RGB y representarlos, relacionando las imágenes obtenidas con la imagen original.
 - Extraer los canales RGB por separado, haciendo nulos el resto y representarlos, relacionando las imágenes obtenidas con la imagen original.
 - Intercambiar los canales obtenidos, representar la nueva combinación de colores y relacionar con la matriz de cambio.

3.2.2 Imagen a color CMY

El modelo de color CMY representa imágenes a color basándose en la sustracción de los tres colores secundarios: cian, magenta y amarillo, colores opuestos a los del modelo RGB (ver figura 12). El color que representa un objeto corresponde a la parte de la luz que incide sobre éste y que no es absorbida por el objeto.

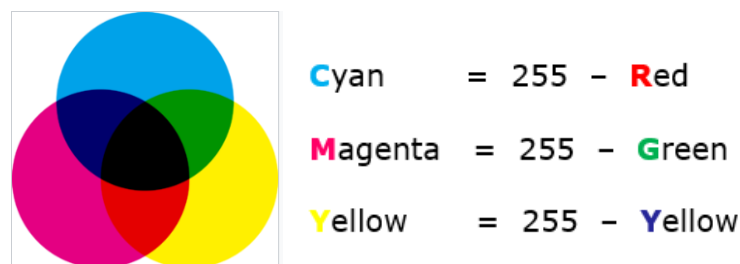


Figura 12. Modelo CMY.

Este sistema cromático es utilizado habitualmente en la impresión. Se usa un soporte blanco que refleja la luz y sobre este se van añadiendo las tintas. El tono mas oscuro que se logra es un gris pardo, por ello se le aplica una cuarta tinta para crear un contraste de sombras, el negro.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point el concepto de imagen a color CMY y la relación que tiene con la imagen a color RGB. También cuando se utiliza este modelo de color.

- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar el siguiente ejercicio:
 - Extraer los planos del modelo CMY a partir de los planos RGB extraídos en el ejercicio anterior. Partiendo del hecho de que no podemos visualizar imágenes CMY en nuestra pantalla LED, ya que únicamente es compatible con imágenes RGB.

3.3 Brillo, contraste y saturación

3.3.1 Brillo de una imagen

El brillo es la claridad de los colores, un aumento de brillo implica un aumento de la luminosidad total de la imagen, aclarando los colores oscuros y blanqueando los claros (ver figura 13).



Figura 13. Imágenes con distintos niveles de brillo.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point el concepto de brillo de una imagen.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar el siguiente ejercicio:
 - Subir y bajar el grado de brillo a una imagen a partir de la multiplicación de la imagen con distintos valores. Representar las imágenes obtenidas.

3.3.2 Contraste de una imagen

El contraste se define como la diferencia en la intensidad relativa de un punto de una imagen. El contraste de una imagen mejora cuando mejora el enfoque y la claridad de una imagen (ver figura 14).

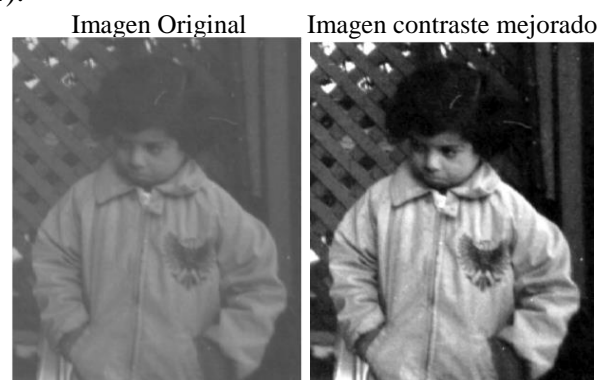


Figura 14. Imágenes con bajo y alto contraste.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point los conceptos de contraste de una imagen.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar el siguiente ejercicio:
 - Mejorar el contraste de una imagen con las distintas funciones de Matlab: 'imadjust', 'histeq' y 'adapthisteq'. Representar las tres imágenes obtenidas y ver cuál de ellas tiene un mejor contraste.

3.3.3 Saturación de una imagen

La saturación es la pureza de un color, un color muy saturado refleja un color vivo e intenso y uno poco saturado tiene un aspecto más descolorido y gris (ver figura 15).



Figura 15. Imágenes con distintos niveles de saturación.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point el concepto de saturación de una imagen.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar los siguientes ejercicios:
 - Subir y bajar el grado de saturación mediante la función customizada 'saturacion' que recibe como parámetros la imagen y el nivel de saturación. Representar las imágenes obtenidas.

3.4 Operadores puntuales

Los operadores puntuales son transformaciones de uno a uno píxeles de una imagen. Cada píxel de la imagen salida es el resultado de la transformación de ese mismo píxel de la imagen de entrada (ver figura 16).

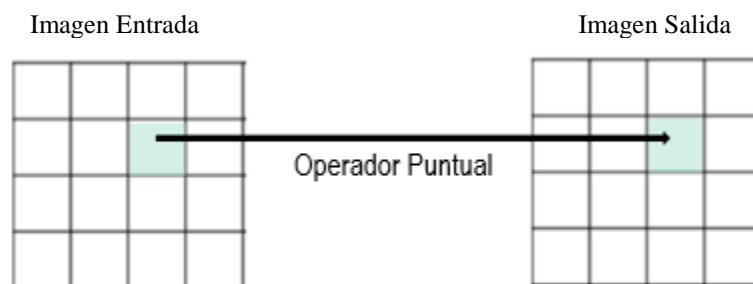


Figura 16. Operador Puntual.

3.4.1 Operador Umbral Binario

El operador umbral binario es un operador puntual que clasifica los píxeles con valores por debajo de un umbral establecido (0-255) como negros y por encima como blancos, dando como resultado una imagen binaria compuesta por negros y blancos puros (ver figura 17).

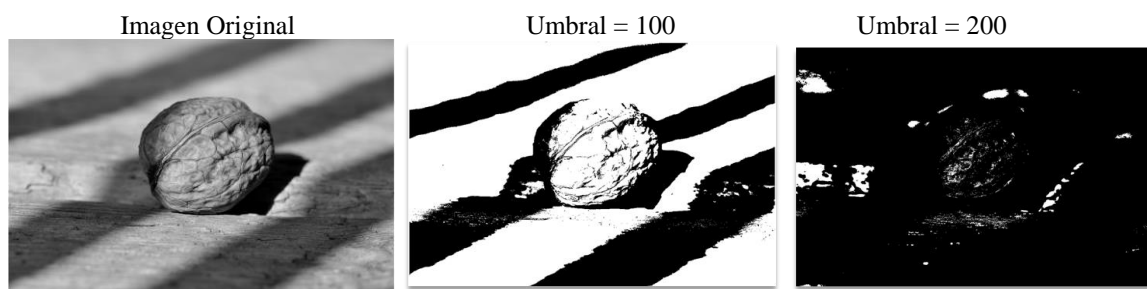


Figura 17. Operador Umbral Binario.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point el concepto de operador puntual. Y como ejemplo de operador puntual el operador umbral binario y la operativa de este.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar el siguiente ejercicio:
 - Aplicar el operador umbral binario a una imagen mediante la función customizada 'operador_binario' que recibe como parámetros la imagen de entrada y el umbral elegido entre 0 y 255. Representar la imagen operada.

3.4.2 Energía y entropía

La energía es el grado de dispersión de grises de una imagen, una imagen con un único nivel de gris tiene la energía máxima, en torno a 1(ver figura 18). Se calcula con el siguiente algoritmo:

$$Energía = \sum_{i=0}^{I-1} p(i)^2$$

La entropía de una imagen es la cantidad de información promedio que contienen los píxeles (ver figura 18). Se calcula con el siguiente algoritmo:

$$Entropía = -\sum_{i=0}^{I-1} p(i) \cdot \log(p(i))$$

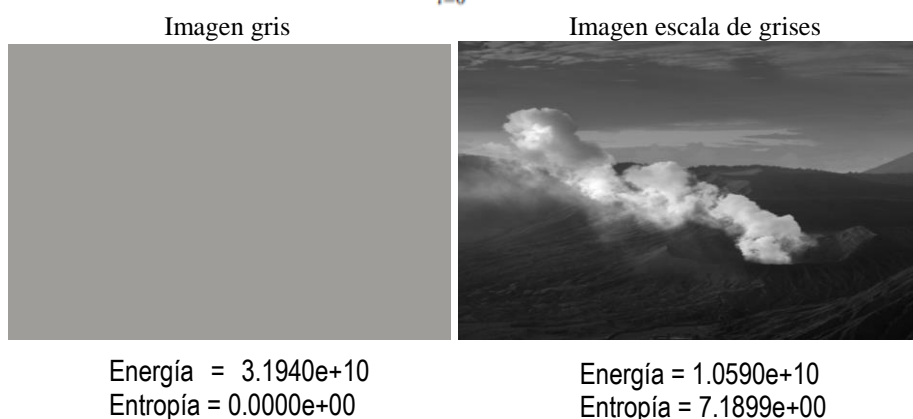


Figura 18. Energías y entropías de dos imágenes distintas.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point los conceptos de energía y entropía.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar el siguiente ejercicio:
 - Calcular la energía y la entropía de las imágenes obtenidas en los ejercicios anteriores, la energía aplicando el algoritmo y la entropía con la función de Matlab 'entropy'. Relacionando y respondiendo algunas preguntas como: ¿Por qué la entropía disminuye cuando aumentamos el umbral del ejercicio de operador umbral binario?

3.4.3 Modelado de histograma

El histograma es una función que contabiliza los píxeles de cada nivel de gris de una imagen. Si representamos el histograma de una imagen en blanco y negro cuantificada con 8 bits, el eje x del histograma toma valores de 0 a 255, el eje y contabiliza el número de píxeles para cada tonalidad de la imagen (ver figura 19).

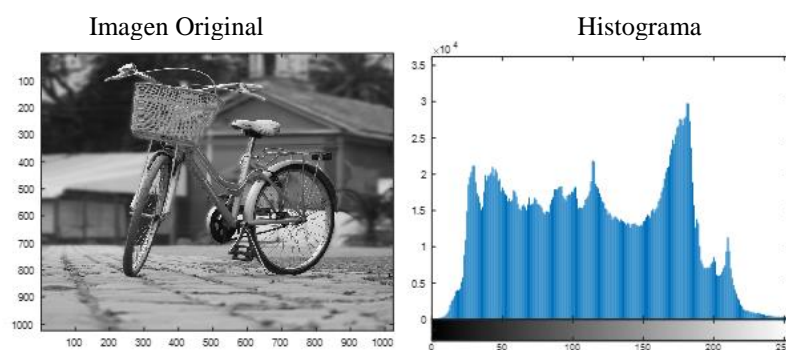


Figura 19. Histograma de una imagen.

El histograma no contiene información espacial de la imagen, un mismo histograma puede representar imágenes totalmente distintas (ver figura 20).

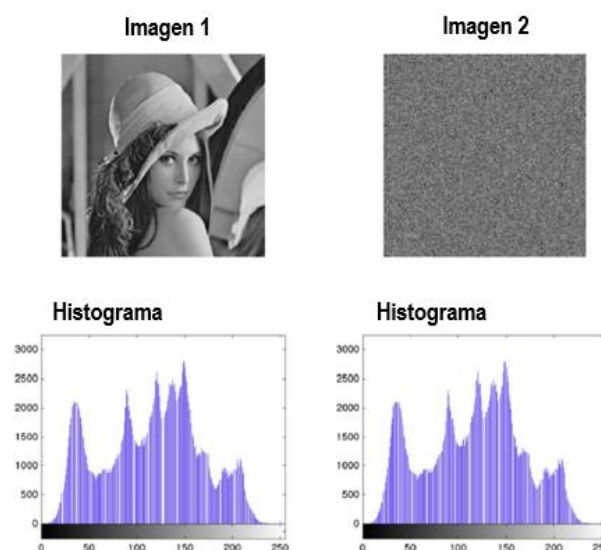


Figura 20. Histogramas iguales para imágenes con distribución espacial distinta.

Si aumentamos el brillo de una imagen vemos como el histograma queda desplazado hacia la derecha (ver figura 21).

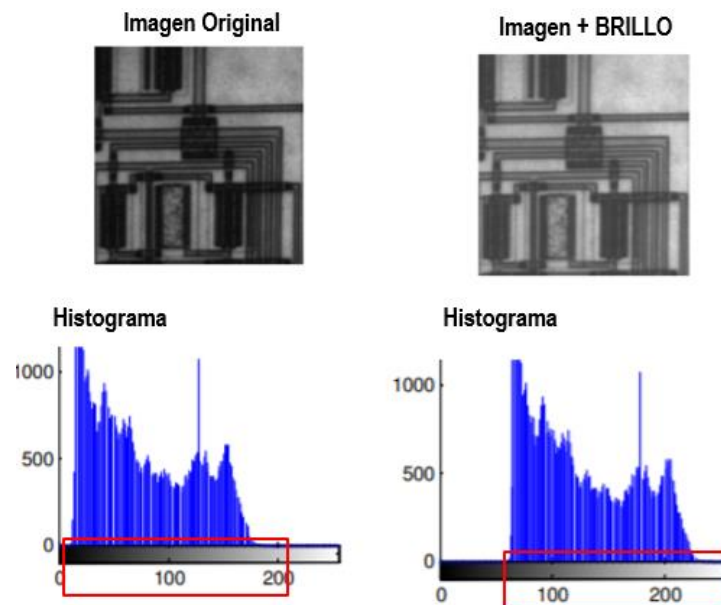


Figura 21. Histogramas de dos imágenes con niveles de brillo diferentes.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiriera con el apoyo de la presentación Power Point el concepto de histograma de una imagen.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar el siguiente ejercicio:
 - Obtener el histograma de las imágenes obtenidas en los ejercicios anteriores con la función de Matlab 'imhist'.

3.4.4 Ruido digital

El ruido digital es la variación aleatoria del brillo o el color en las imágenes digitales.

Ruido 'Sal y Pimienta', este ruido afecta a una pequeña cantidad de píxeles de la imagen. Píxeles blancos y negros que cubren de una forma dispersa toda la imagen (ver figura 22).

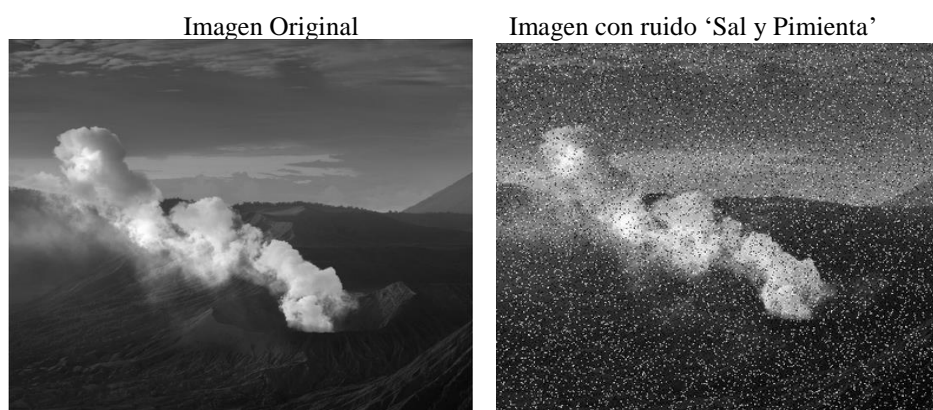


Figura 22. Imagen ruido 'Sal y Pimienta'.

Ruido Gaussiano, todos los pixeles cambian su valor de acuerdo con una distribución normal gaussiana (ver figura 23).

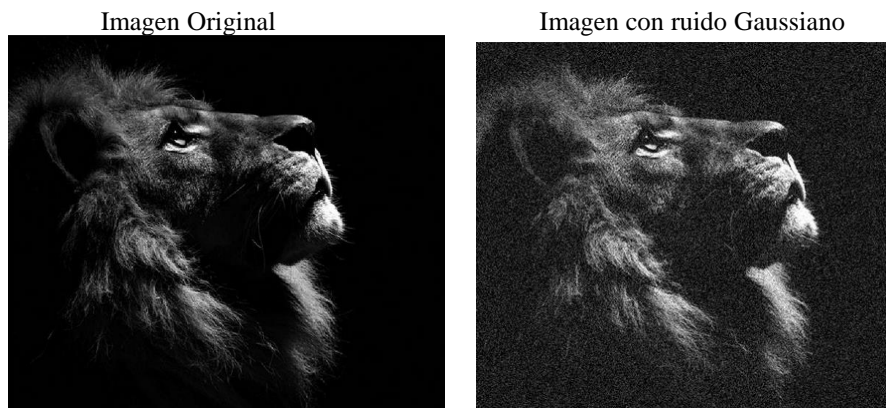


Figura 23. Imagen ruido Gaussiano

Ruido de Poisson, genera el ruido a partir de una distribución de Poisson que es una distribución de probabilidad discreta, la probabilidad de que ocurra un determinado número de pixeles en un espacio (ver figura 24).

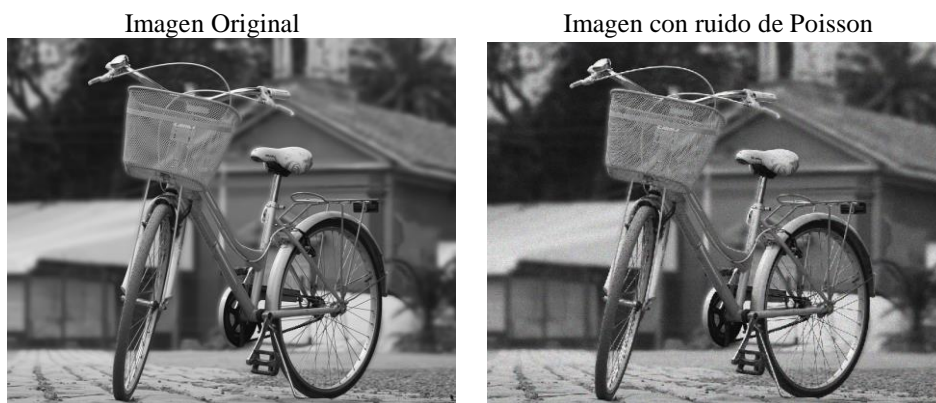


Figura 24. Imagen ruido de Poisson.

Ruido de la luminancia, ruido que genera variaciones en la luminosidad de una imagen (ver figura 25).



Figura 25. Imagen ruido de la luminancia.

Ruido de la crominancia, este ruido añade de forma aleatoria píxeles rojos, verdes y azules (ver figura 26).

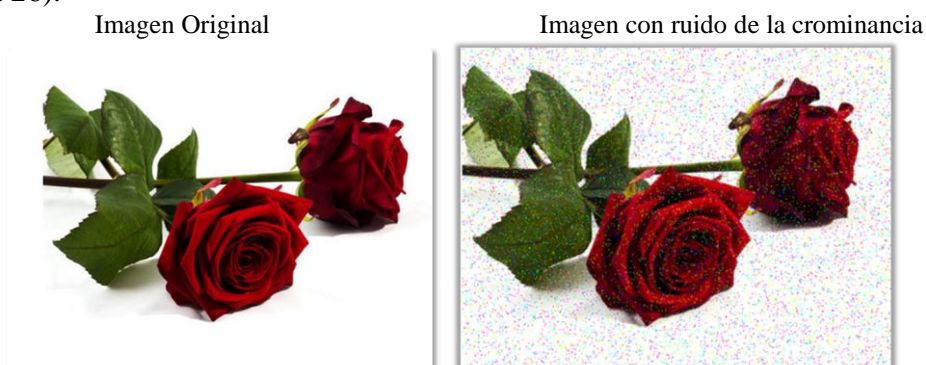


Figura 26. Imagen ruido de la crominancia.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiriera con el apoyo de la presentación Power Point junto con el concepto general de ruido digital algunos tipos de ruidos digitales y sus características.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar los siguientes ejercicios:
 - Añadir ruido ‘Sal y Pimienta’ a una imagen con la función de Matlab ‘imnoise’, que recibe como parámetros: la imagen, ‘salt & pepper’ y la variable con el grado de ruido. Representar imágenes con distintos grados de ruido.
 - Añadir ruido Gaussiano a una imagen con la función de Matlab ‘imnoise’, que recibe como parámetros: la imagen, ‘gaussian’ y la variable con el grado de ruido. Representar imágenes con distintos grados de ruido.
 - Añadir ruido de Poisson a una imagen con la función de Matlab ‘imnoise’, que recibe como parámetros: la imagen y ‘poisson’. Representar la imagen obtenida.

3.5 Operadores locales

Los operadores locales son transformaciones que afectan a píxeles vecinos. Cada píxel de salida depende de los píxeles vecinos de entrada.

3.5.1 Suavizado digital

Técnica que pretende reducir la cantidad de variaciones entre píxeles vecinos.

Suavizado Media, este filtro sustituye el valor de un píxel por la media de los píxeles vecinos. Se convoluciona la imagen con una máscara determinada, un ejemplo de máscara podría ser una matriz 3x3 (ver figura 27 y 28):

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

Figura 27. Máscara 3x3 suavizado media.

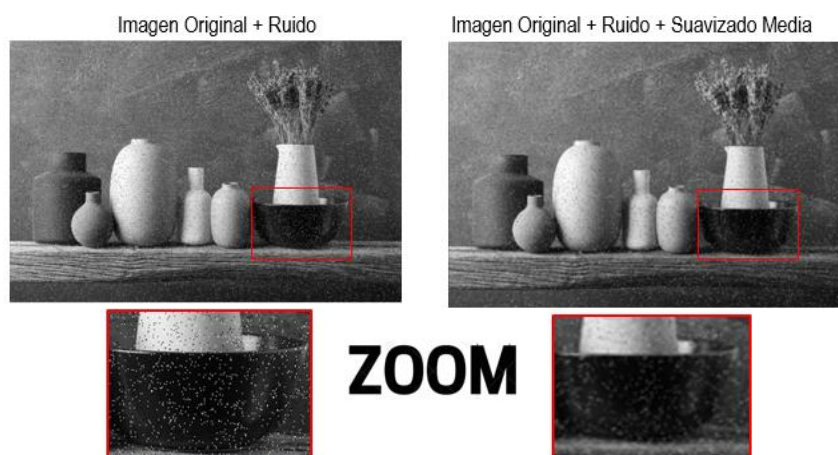


Figura 28. Imágenes Suavizado Media.

Suavizado Gaussiano, este filtro sustituye los valores de los píxeles según la distribución normal gaussiana (ver figura 29).

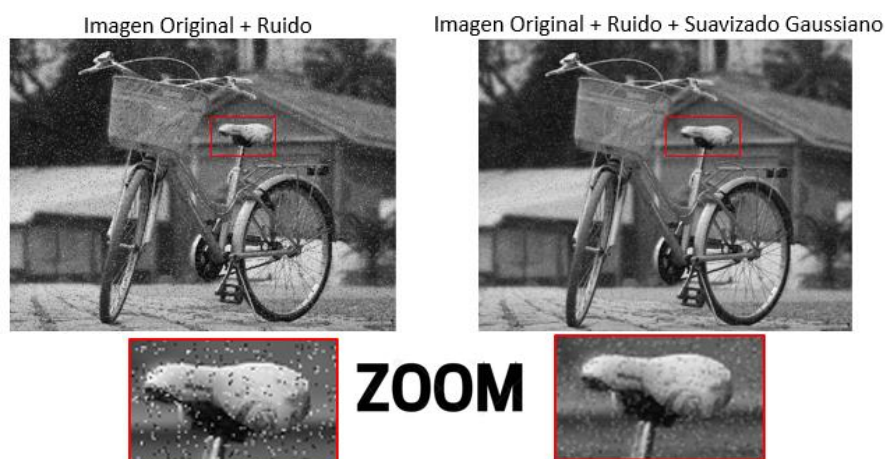


Figura 29. Imágenes Suavizado Gaussiano.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point junto con el concepto general de suavizado digital el suavizado Media y el Gaussiano.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar los siguientes ejercicios:
 - Suavizar con el suavizado Media las imágenes con ruido obtenidas en ejercicios anteriores con la función de Matlab 'imfilter', que recibe como parámetros la imagen a suavizar y el filtro generado con la función de Matlab 'fspecial', que a su vez recibe como parámetros 'average' y el kernel con las dimensiones de la máscara de suavizado.
 - Suavizar con el suavizado Gaussiano las imágenes con ruido obtenidas en ejercicios anteriores con la función de Matlab 'imfilter', que recibe como parámetros la imagen a suavizar y el filtro generado con la función de Matlab 'fspecial', que a su vez recibe como parámetros 'gaussian', el kernel con las dimensiones de la máscara de suavizado y el valor de sigma (siempre 1).

3.6 Proyecto Final

En este tema se ponen a prueba todos los conceptos adquiridos, se hace un breve recordatorio de todos los temas que se han dado.

- Teoría: el objetivo de la parte teórica es que el alumno adquiera con el apoyo de la presentación Power Point un recordatorio de los conceptos que se han dado durante el curso.
- Práctica: el objetivo de la parte práctica es que el alumno sea capaz de realizar los siguientes ejercicios:
 - Mejorar dos imágenes (ver figura 30). A partir de dos imágenes que están bastante mal en calidad o resolución mejorarlas eligiendo los filtros más acertados que consigan una mejora notable de las imágenes.
 - Crear dos imágenes. Con la variedad de filtros y efectos que han aprendido conseguir las dos imágenes más creativas.

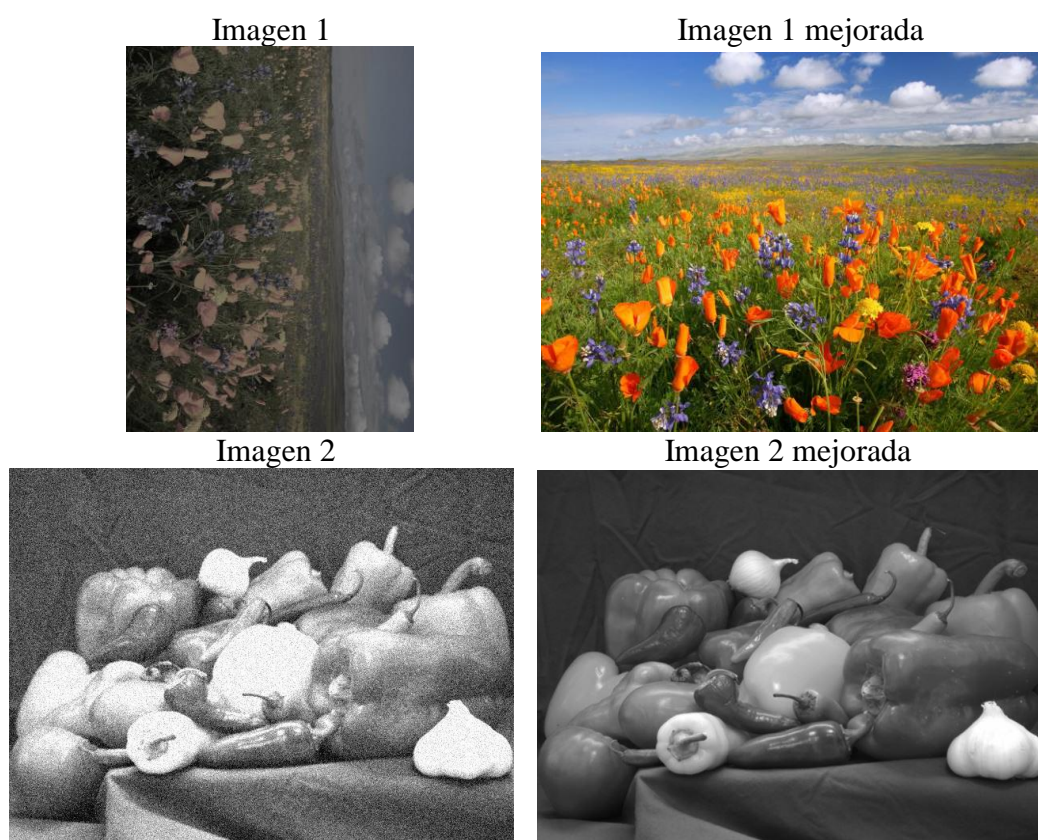


Figura 30. Proyecto final imágenes mejoradas.

Una vez acabado el proyecto final la idea es que los estudiantes expongan sus dos imágenes mejoradas argumentando los filtros utilizados para la mejora y las dos imágenes creativas.

4 Validación en un curso real: taller del ‘Campus Engineering Girl de QSI’

Este curso se ha utilizado y adaptado para el proyecto de ‘Quiero ser ingeniera’, proyecto del Instituto de la Mujer en el que colabora la Universidad Autónoma de Madrid. Concretamente en la fase 3, el campus de verano ‘Edición de imagen’ que se ha realizado en la segunda semana de junio de 2019 en la Escuela Politécnica Superior (ver figura 31). Para ver en detalle el material correspondiente del curso QSI ir a la siguiente dirección: http://www.vpu.eps.uam.es/talleres_imagen/².



Figura 31. Página web ‘Quiero ser ingeniera’ de la Universidad Autónoma de Madrid: <https://quieroseringenierauam.es>

Este proyecto va dirigido a estudiantes chicas de 3º y 4º de la ESO de distintos colegios, con edades de entre 15 y 16 años que todavía no han elegido la especialidad. Surgió para fomentar la presencia de estudiantes mujeres en el sector tecnológico, para la igualdad de oportunidades y romper con los falsos estereotipos.

En el curso 2017-2018 el 55% del estudiantado universitario español son mujeres. En la rama de Ingeniería, industria y construcción entorno al 28% del estudiantado son mujeres. Cifra que disminuye en carreras como Informática o Electrónica (ver figura 32).

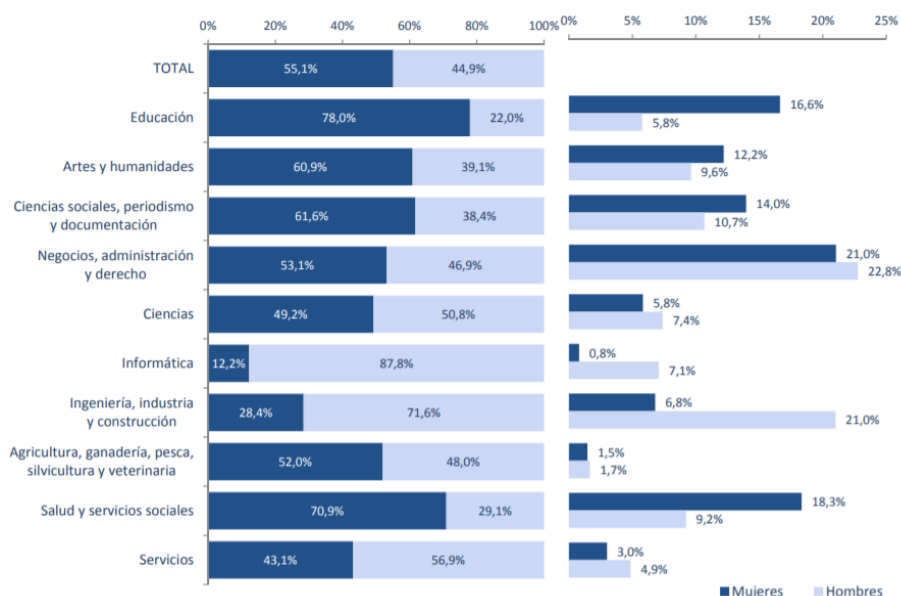


Figura 32. Distribución porcentual del alumnado matriculado en estudios de Grado y 1º y 2º ciclo según sexo y ámbito de estudio. Curso 2017-2018. Fuente: Estadísticas MCNU (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades).

² En el caso de tener algún problema contactar con: josem.martinez@uam.es

Entre las razones de la baja representación de mujeres en ingenierías el estudio sobre el alumnado de la Universidad de Alicante financiado por el Instituto de la Mujer realizado en febrero de 2019 señala causas estructurales relacionadas con la percepción y la asociación histórica de las ingenierías con roles masculinos. También por la escasez de referentes ingenieras.

El proyecto de ‘Quiero ser ingeniera’ surge para mejorar esta situación, para romper con falsos mitos y que las mujeres se sientan con fuerzas de estudiar lo que quieran. Este TFG contribuye a este proyecto con el campus ‘Edición de imagen’, una adaptación del curso a términos de tiempos, temario, formatos y objetivos.

El campus ya definido con una duración total de 14 horas y media durante 5 días. En la duración del campus están incluidas algunas actividades como la presentación de la universidad o el taller final en el salón de actos con el resto de los talleres, para ver la programación del campus QSI acudir al Apéndice B. Cada sesión era de una hora y media o dos horas, según el día y la disponibilidad de tiempo se realizaban una sesión o dos sesiones en un día. A su vez las sesiones se dividían en media hora de teoría y el resto para práctica (ver figura 33). En su total las horas de las sesiones hacían una suma mayor de lo que estaba fijado en el curso base con lo que hubo que añadir algunos ejercicios adicionales en los temas de ‘operadores puntuales’ y ‘operadores locales’. Las sesiones se distribuyen de la misma forma que la mencionada en el capítulo 2:

- **Sesión 1** (Lunes): Introducción a Matlab y a la imagen digital
- **Sesión 2** (Martes): Transformaciones de color, sepia y negativo y ajuste de brillo, contraste y saturación
- **Sesión 3** (Miércoles): Operadores puntuales
- **Sesión 4** (Jueves – Mañana): Operadores locales y ajuste de nitidez
- **Sesión 5** (Jueves - Tarde): Efectos
- **Sesión 6** (Viernes – Mañana): Realización proyecto final
- **Exposición final** (Viernes – Tarde)

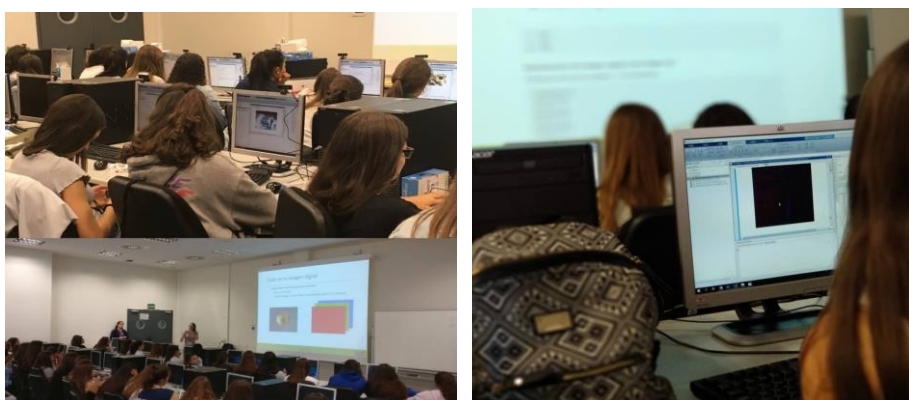


Figura 33. Sesión taller ‘Edición de imagen’. Junio 2019.

El temario del curso fue adaptado tanto en la parte teórica como en la práctica. En la teoría se tuvo que rebajar el nivel, contenidos que fuesen más fáciles de entender y algunos en los que no entrar tanto en profundidad, como matrices o derivadas. Las presentaciones eran distintas, más visuales y con menos texto (ver figura 35). Para ver un ejemplo de material de las presentaciones del campus acudir al Apéndice C.



Figura 34. Presentación teoría del taller ‘Edición de imagen’.

El formato original de las prácticas en el programa Matlab del curso base (extensión ‘.m’) se tuvo que cambiar al formato de archivo de código en vivo (extensión ‘.mlx’).

El formato utilizado para el campus permite a los alumnos que el inicio con la herramienta Matlab sea más fácil con un entorno más amigable (ver figura 34). Para ver un ejemplo de material de práctica acudir al Apéndice C.

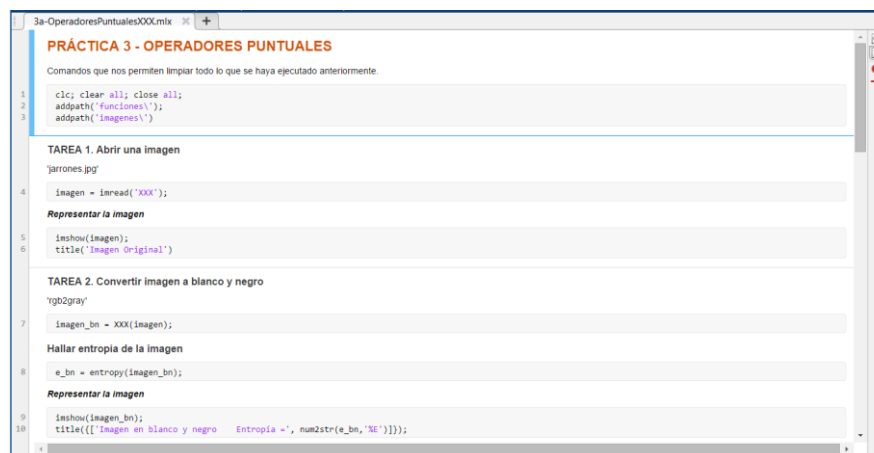


Figura 35. Práctica del taller ‘Edición de imagen’.

En la práctica también hubo bastantes modificaciones, las prácticas se incluyeron en las presentaciones para que fuesen más guiadas y no en PDFs como estaba establecido, también contaban con funciones customizadas más fáciles de entender, las funciones que se cambiaron fueron:

- ‘Brillo, contraste y saturación’:
 - imadjust→ contraste.
- ‘Operadores locales’:
 - imfilter, fspecial→suavizado_media.
 - imfilter, fspecial→ suavizado _gaussiano.

Los objetivos del campus son entre otros la familiarización con el programa Matlab, aprendiendo desde ejercicios muy básicos como representar imágenes hasta la manipulación y mejora de imágenes. Como último objetivo del campus se les pedía a las estudiantes que desarrollaran el proyecto final a la vez que iban describiendo todo el proceso que realizaban hasta llegar al resultado en un Word, que les ayudaría a la hora de exponer en la sala de actos de la Escuela Politécnica Superior junto a los demás talleres delante del resto de estudiantes, profesores y padres (ver figura 36).



Figura 36. Alumnas presentando el Proyecto Final. Junio 2019.

5 Conclusiones y trabajo futuro

5.1 Conclusiones

Este trabajo de fin de grado es el desarrollo de material docente recopilado en un curso para estudiantes que tienen interés en el tratamiento digital de las imágenes sin tener apenas conocimientos previos del tratamiento digital.

Este curso a su vez persigue distintos objetivos, entre otros que los alumnos se familiaricen con el entorno de trabajo y desarrollen sus propias ideas individualmente y en equipo a partir de los conocimientos impartidos.

La adaptación de este curso para su empleo en el proyecto QSI en el campus ‘Edición de imagen’ nos ha permitido ver, a través de las encuestas realizadas a las estudiantes y lo percibido por nosotras mismas, que el feedback es muy favorable cumpliéndose muchos de los objetivos establecidos. Lo esperado es que se hubieran contabilizado las encuestas para poder apreciar resultados reales, pero ha sido imposible debido a que aún no han sido publicadas.

El nivel determinado para las estudiantes del campus fue apropiado ya que desarrollaron correctamente todos los ejercicios prácticos del curso. En un principio se pensó que los ejercicios prácticos iban a ser bastante difíciles para las estudiantes e iban a emplear más tiempo en hacerlos, pero con sorpresa apreciamos que las estudiantes iban cogiendo mucha soltura con los ejercicios acabando algunas de ellas antes de lo previsto, con lo que tuvimos que añadir ejercicios adicionales para aquellas que terminaban antes del tiempo establecido.

En el último día del curso, en el que las estudiantes tenían que exponer los ejercicios realizados en el proyecto final, se apreció en todas las exposiciones una soltura y una familiaridad con todos los ejercicios aplicados y elegidos por ellas mismas.

5.2 Trabajo futuro

El curso que ofrece este TFG puede ser utilizado y adaptado para muchos proyectos según el nivel de los estudiantes. Pudiéndose utilizar como formación complementaria o transversal, como curso cero preuniversitario o como curso adicional a otras carreras diferentes a una ingeniería.

Por otro lado, también puede ser complementado con más temario para un curso de una duración mayor llegando formar una asignatura de iniciación al tratamiento digital de imágenes. De igual forma puede ser comprimido en un curso de menor duración convirtiéndose en un curso de una duración de uno o dos días.

Este curso podría ser ajustado y preparado con la inclusión de material virtual, con enlaces, videos o documentos que pudieran dotarlo de la caracterización de curso de formación virtual.

Simultáneamente este curso amplía la visión de las tecnologías y puede servir para incentivar a los estudiantes en la elección de carreras STEM con una vida profesional dedicada a las Tecnologías de la Información y de la Comunicación.

Referencias

- [1] Página oficial de Matlab, Mathworks <https://es.mathworks.com>
- [2] Gonzalez RC, Woods RE 1996. Tratamiento digital de imágenes, Addison-Wesley Publishing Co, Reading, Washington.
- [3] Hugo Rodríguez, Marcombo (eds), “Guía completa de la imagen digital”, BIT & PIXEL, Diciembre 2016.
- [4] Jähne B. 1997. Digital Image Processing, Springer, 4th Edition.
- [5] Castleman KR 1996. “Digital Image Processing”, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- [6] Erik Cuevas, Margarita Díaz Cortés, José Octavio Camarena Méndez, Alfaomega, “Tratamiento de imágenes con Matlab”, 2017.
- [7] Dra. Nora La serna Palomino, Lic. Ulises Román Concha, Técnicas de Segmentación en Procesamiento Digital de Imágenes
- [8] John C. Russ, The image Processing – Handbook. Third Edition
- [9] John G. Proakis, Pearson, “Tratamiento digital de señales”, 2007

Apéndices

A Material base docente

Diapositivas de la parte teórica del primer tema del curso a la introducción del tratamiento digital.



Curso del tratamiento de las imágenes

LA SEÑAL DE LA IMAGEN

Lucía Pastor Cendoya
lucia.pastorc@estudiante.uam.es



Universidad Autónoma de Madrid
E28049 Madrid (SPAIN)



Video Processing and Understanding Lab
Grupo de Tratamiento e Interpretación de Video



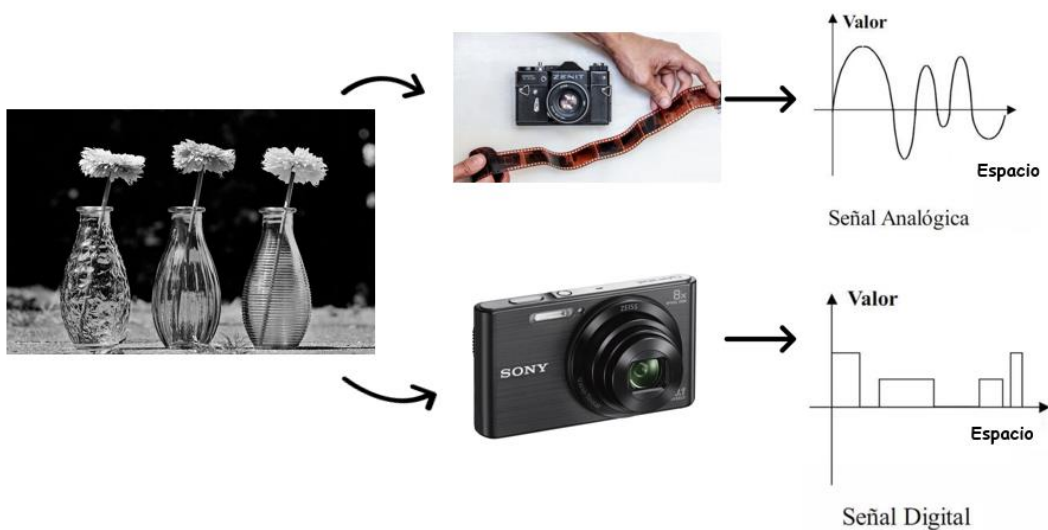
ÍNDICE

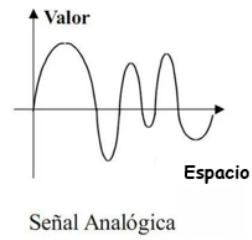
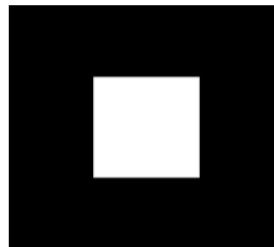


- Imagen como señal.
- Imagen Analógica VS Digital.
- Imagen Digital.
- Digitalización de una señal:
 - Muestreo Digital.
 - Cuantificación Digital.
 - Codificación Digital.

La **representación visual** de un objeto se conoce como imagen. A partir de una matriz numérica.

Una imagen digital está formada por píxeles, los cuales contienen información de la calidad, brillo, contraste, color y definición de la imagen propiamente dicha.





ANALÓGICA

DIGITAL

¿Consigues mejores fotos?

¡OTRA OPORTUNIDAD!

El color

Tarjetas de memoria mayor capacidad

No tenemos problemas con el tamaño del sensor

Diferentes formatos (RAW, JPG...)

Mayor precisión

Definición:

La imagen digital consiste en una representación bidimensional de una imagen basada en una matriz numérica, que por lo general es binaria, con unos y ceros.

Cálculos binarios para la cantidad de tonos representados por profundidades de bits comunes:

1 bit (2^1) = 2 tonos

8 bits (2^8) = 256 tonos

Imagen monocromática: La imagen esta formada por píxeles blancos o negros puros. Profundidad de color de 1 bit, dos tonos (0 o 1).



Imagen Digital =
Matricial

1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

Imagen escala de grises: La imagen esta formada por píxeles con 256 tonos de gris, entre blanco y negro puros. Profundidad de color de 8 bits, (0-255, negro-blanco).

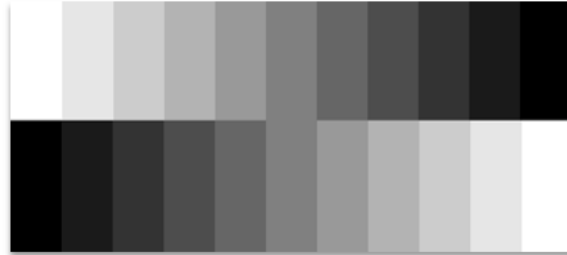


Imagen Digital Matricial

II

254	230	204	179	153	127	101	76	50	24	1
254	234	207	181	154	127	100	74	46	20	0
216	200	181	164	145	127	109	91	73	54	38
8	32	56	80	104	129	153	177	201	225	247
1	25	50	76	103	129	154	181	206	232	254
1	26	51	77	103	129	154	180	205	231	254

Imágenes vectoriales

Imágenes que se construyen a partir de vectores, que son objetos definidos por una serie de puntos (píxeles) que pueden modificarse para dar una u otra forma a la imagen final.

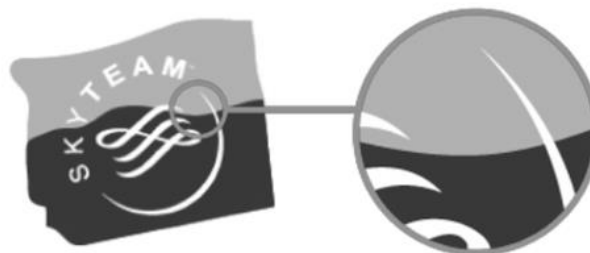
Son especialmente utilizadas para la creación de **logotipos** o **iconos**.



Las imágenes vectoriales son independientes de la resolución, al no depender de una retícula de píxeles (imagen mapa de bits), y por tanto mantienen la nitidez y la definición, aunque se amplíen totalmente.



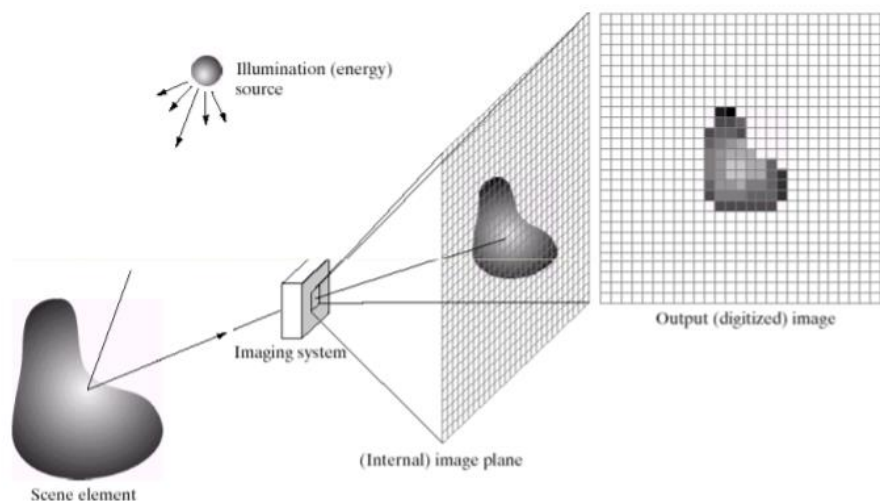
Detalle ampliado de mapa de bits.



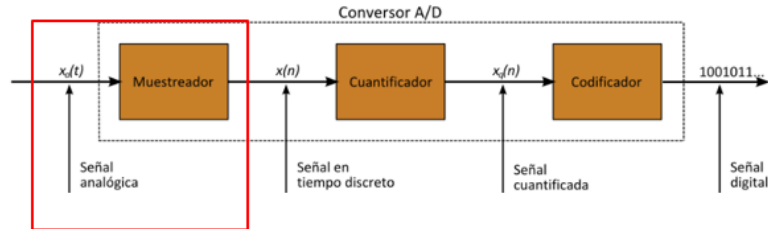
Detalle ampliado de imagen vectorial.

Una **imagen analógica** se obtiene de una imagen natural capturada por una cámara, un telescopio, un microscopio o cualquier otro instrumento óptico.

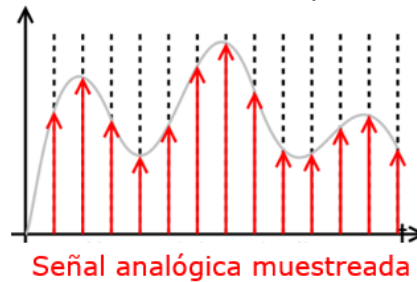
Para que una imagen analógica de cualquier tipo pueda ser manipulada usando un ordenador es necesaria su digitalización, convirtiéndola en una **imagen digital**.



Es la primera etapa de la digitalización de una imagen real (analógica).



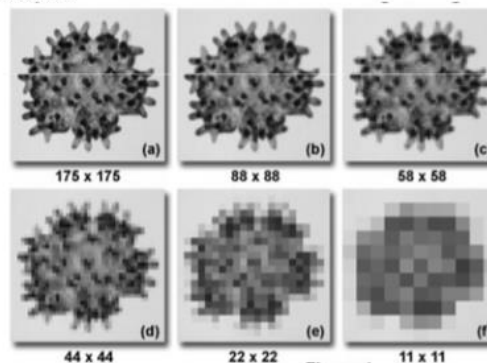
Consiste en tomar muestras de una señal analógica a una frecuencia o tasa de muestreo constante, tomando valores de amplitud a lo largo de la señal.



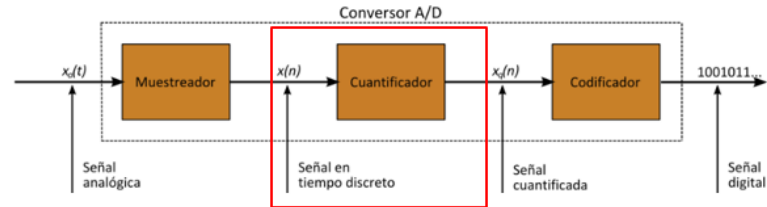
El muestreo produce una matriz bidimensional de muestras recogidas en diferentes puntos espaciales. Muestras que pueden ser de diferentes naturalezas.



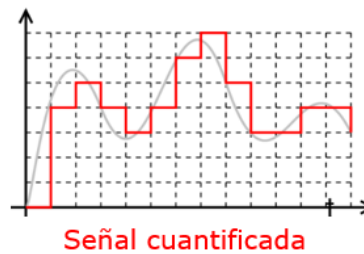
Dependiendo de las dimensiones del mallado obtenemos una imagen digital diferente, más o menos pixelada.



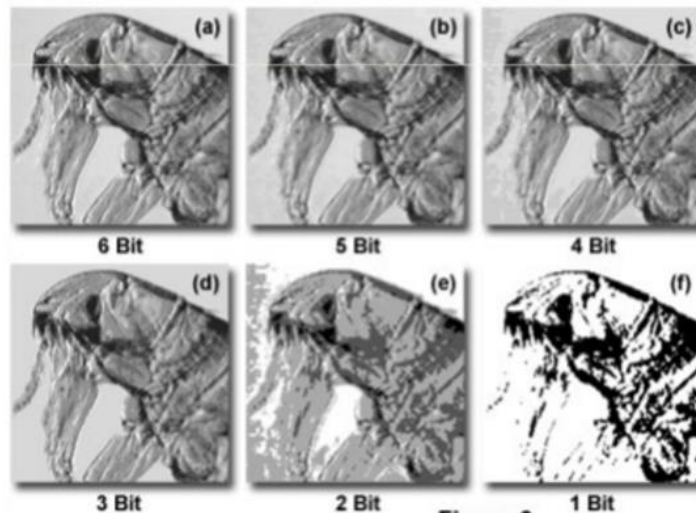
Es la segunda etapa de la digitalización de una imagen analógica.

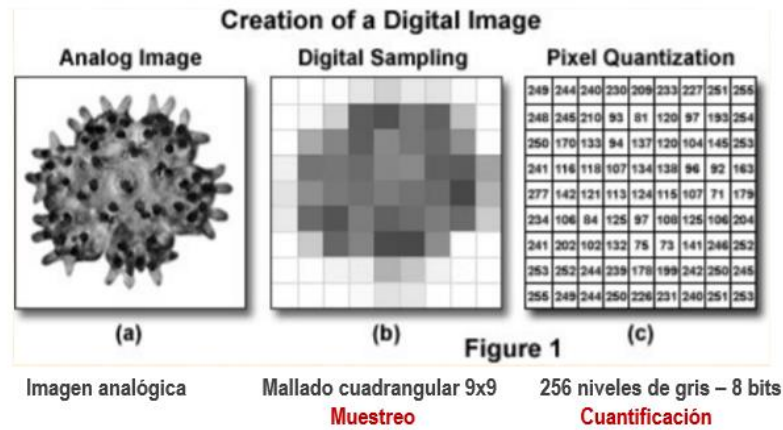


En esta etapa con los valores de las amplitudes obtenidos previamente con el muestreo se cuantifican bits mediante la asignación de niveles. Se le asigna un valor a la muestra, pero no es digital, y se decide el nivel del valor.



Grayscale Resolution and Digital Image Appearance



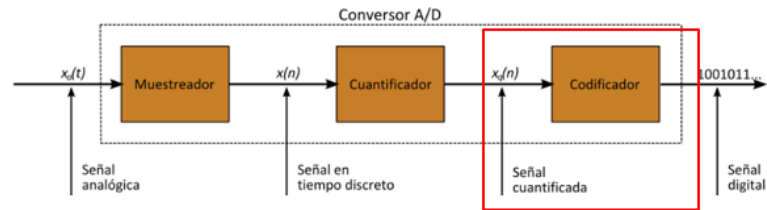


En esta etapa aparece lo que se conoce como error de cuantificación, diferencia existente entre la señal de entrada (la señal antes de ser cuantificada) y la señal de salida (señal cuantificada).

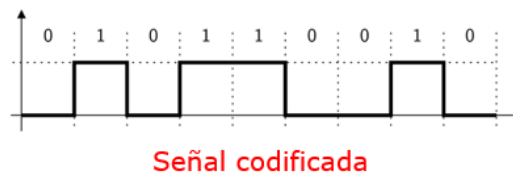
Para minimizar los errores de cuantificación se utilizan distintas técnicas:

- Cuantificación uniforme: la distancia entre los niveles de reconstrucción es siempre la misma.
- Cuantificación no uniforme: para señales que no homogéneas sensibles a una determinada banda de frecuencias.
- Cuantificación logarítmica: la señal se hace pasar por un compresor logarítmico antes de la cuantificación. Después necesitaremos un expansor.
- Cuantificación vectorial: se cuantifican las muestras por bloques.

Es la tercera etapa de la digitalización de una imagen analógica.



En la codificación se traducen los distintos valores cuantificados en la anterior etapa al sistema binario. Del sistema decimal al binario, sistema posicional formado por '0's y '1's. Esta última etapa obtiene como imagen de salida una señal digital.






Guion de la parte práctica del primer tema del curso a la introducción del tratamiento digital.

PRÁCTICA 1 – LA IMAGEN COMO SEÑAL

Nos descargamos el zip correspondiente, “Practica_1”, que contiene el material que vamos a utilizar, extraemos la carpeta que contiene el zip, que a su vez contiene un archivo “Practica1.m” y una imagen “paisaje.jpg”.

Pasos para seguir:

- 1) Abrimos el programa Matlab 
- 2) En la esquina superior izquierda veremos un icono de una carpeta llamada “Open” , localizamos la carpeta que hemos extraído previamente y abrimos el archivo “Practica3.m”.
- 3) Realizamos los cambios del ejercicio.
- 4) Ejecutamos el archivo pinchando “Run” .

Ejercicio 1 – Pixelar una imagen

Una vez abierto el script (archivo .m), en este caso “P1_ejercicio1.m”. ¿Qué hacemos?

- Ejecutamos con Run el script.

Analizamos las dos imágenes obtenidas, imagen de un paisaje, sería la imagen horizontal con 533x2356 píxeles, y la imagen de la torre pisa, sería la imagen vertical con 891x600 píxeles. Vamos a pixelar las dos imágenes, eligiendo el número de píxeles que queremos para la nueva imagen.

Primero pixelamos las dos imágenes con una dimensión de 100x100:

- En línea 24 cambiamos los valores A y B con XXX por 100.
(A=100; B=100;).

Después pixelamos las dos imágenes con una dimensión de 10x10:

- En línea 28 cambiamos los valores A y B con XXX por 10.
(A=10; B=10;).
- Ejecutamos con Run el script.

Comprobamos con las imágenes que a medida que disminuimos en número de píxeles la imagen va perdiendo calidad, desde no apreciar algunos detalles de la imagen original hasta el punto de no reconocer la imagen.

Podemos ver también que los píxeles de la que llamamos imagen vertical los píxeles son rectángulos con el largo más grande que al ancho, al revés de lo que ocurre con los píxeles de la imagen horizontal.

Ejercicio 2 – Convertir una imagen a gris y recortarla

Una vez abierto el script (archivo .m), en este caso “P1_ejercicio2.m”. ¿Qué hacemos?

- Ejecutamos con Run el script.

Representando así la imagen.

Vamos a convertirla primero en gris:

- Descomentamos las líneas 20 a la 24, esto se hace eliminando el símbolo % del principio de cada una de ellas.
- Ejecutamos con Run el script.

Ahora vamos a recortar la imagen, seleccionando el rango de pixeles especifico de la zona de la imagen que queremos recortar:

- Descomentamos las líneas 33 a la 37, esto se hace eliminando el símbolo % del principio de cada una de ellas.
- Ejecutamos con Run el script.

Podemos ver como el rango de pixeles especificado coincide con la figura del hombre de la imagen.

Vamos a intentar recortar el árbol de la imagen estimando el rango de pixeles que coincida con esa zona de la imagen:

- En la línea 27 cambiamos el rango de valores, ajustando los valores para que sea más preciso. Pista, serían los píxeles que cubren el 300:500 y 200:400. Los ajustamos.
- Ejecutamos con Run el script.

Ejercicio 3 – Planos de una imagen en color

Una vez abierto el script (archivo .m), en este caso “P1_ejercicio3.m”. ¿Qué hacemos?

- Ejecutamos con Run el script.

Representando así la imagen. La imagen es una imagen en color del tipo RGB, es decir, es una imagen compuesta por tres planos, el plano rojo, el verde y el azul.

Primero vamos a representar el plano rojo:

- Descomentamos de la línea 23 a la 27, eliminamos el símbolo % de todas las líneas.
- Ejecutamos con Run el script.

Podemos ver en la imagen obtenida que las zonas que eran rojas en la imagen original ahora toman el valor más grande 255 que se corresponde con el color blanco y las zonas en las que hay ausencia de rojo toma un valor bajo correspondiente con el negro.

Vamos a representar el plano verde:

- Descomentamos de la línea 29 a la 33, eliminamos el símbolo % de todas las líneas.
- Ejecutamos con Run el script.

Vamos a representar el plano azul:

- Descomentamos de la línea 35 a la 39, eliminamos el símbolo % de todas las líneas.
- Ejecutamos con Run el script.

Lo mismo pasa con los otros dos planos.

Para acceder a los valores de los tres planos de un pixel lo hacemos a través de su posición, podemos ver estos valores de un pixel rojo en la imagen original y ver como el resultado corresponde, es decir, en los tres valores de ese pixel rojo el plano R toma un valor muy alto.

Hacemos lo mismo para los otros dos planos:

- Buscamos un pixel verde en la imagen original y su posición.
- Cambiamos las líneas 51 y 52 por la posición del pixel verde (X, Y).
- Descomentamos la línea 56, eliminamos el % de la línea.
- Buscamos un pixel azul en la imagen original y su posición.
- Cambiamos las líneas 57 y 58 por la posición del pixel verde (X, Y).

- Descomentamos la línea 64, eliminamos el % de la línea.
- Ejecutamos con Run el script.

Comprobamos que efectivamente el pixel verde tiene un valor muy alto en el segundo plano y el pixel azul lo tiene en el tercero.

Por último, convertimos a blanco un pixel poniendo el valor 255 a todos los planos:

- Elegimos un pixel cualquiera, dando un valor a X e Y en las líneas 68 y 69.
- Descomentamos las líneas 75 a la 77, eliminamos el % de las líneas.
- Ejecutamos con Run el script.
- Ubicamos el pixel blanco elegido en la imagen.

B Programa ‘Campus QSI’

Lunes

9:00 - 9:30	Recepción e Inscripción
9:30 - 9:45	Acto de apertura y bienvenida
9:45 - 10:00	Presentación de la UAM y la EPS
10:00-11:30	Mesa Redonda: El género en las TICs
11:30 - 12:00	Descanso
12:00 - 14:00	Taller elegido por la alumna

Martes

9:30 - 12:00	Taller elegido por la alumna
12:00 - 12:30	Descanso
12:30 - 14:00	Mesa redonda: Estudiar TIC

Miércoles

9:30 - 12:00	Taller elegido por la alumna
12:00 - 12:30	Descanso
12:30 - 14:00	Mesa redonda: Las profesionales TIC

Jueves





9:30-11:30	Taller elegido por la alumna
11:30 – 12:00	Descanso
12:00 – 14:00	Taller elegido por la alumna

Viernes

9:30-11:30	Taller elegido por la alumna
11:30 – 12:00	Descanso
12:00 – 13:30	Concursos y cierres de cada taller
13:30 – 14:00	Acto de Clausura

C Material adaptado ‘Campus QSI’


Diapositivas de la parte teórica y de la parte práctica guiada del tema 3 ‘Operadores Puntuales’.



Sesión 3 – Operadores Puntuales

QUIERO SER INGENIERA - FASE 3




PAULA MORAL
LUCÍA PASTOR
ROCÍO PASCUAL
ELENA LUNA



ACCESO

USUARIO: formacion

CONTRASEÑA: ingeniera



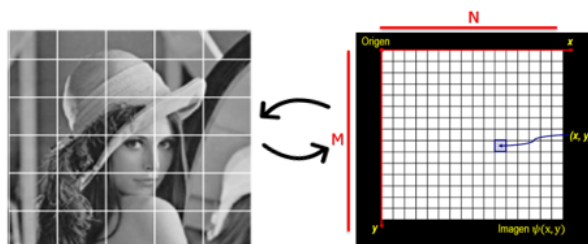
Introducción

Una imagen es la composición de píxeles.



Introducción

Los píxeles de una imagen se distribuyen en M (filas) x N (columnas) a lo largo del eje Y y a lo largo del eje X .



Introducción

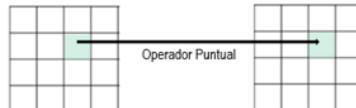
Podemos acceder a la información de un píxel a partir de la posición de este dentro de la matriz que ofrece la imagen.

		1.2	1.3	1.4	1.5	
		↑	↑	↑	↑	
		1.1	?	?	?	Fila 1
2.1	←	?	2.2	2.3	2.4	Fila 2
2.2	←	?	3.2	3.3	3.4	Fila 3
2.3	←	?	4.2	4.3	4.4	Fila 4
2.4	←	?	5.2	5.3	5.4	Fila 5
2.5	←	?	6.2	6.3	6.4	Fila 6
		Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5

Operador Puntual

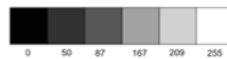
- Los operadores puntuales son transformaciones de **uno a uno** (píxeles).
- La imagen final es producto de una transformación de la imagen inicial por el operador puntual.

$$\text{Imagen Final pixel}(i,j) = \text{Operador Puntual} (\text{Imagen Inicial pixel}(i,j))$$



Operador Umbral Binario

- Un umbral clasifica los píxeles por debajo del umbral como negros puros y por encima blancos puros.
- El umbral tendrá valor entre 0 y 255.



Operador Umbral Binario

Imagen Original



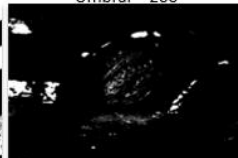
Umbral = 100



Umbral = 150



Umbral = 200



Entropía

La entropía de una imagen es la cantidad de información promedio que contienen los píxeles.



Entropía =0.00000E+00



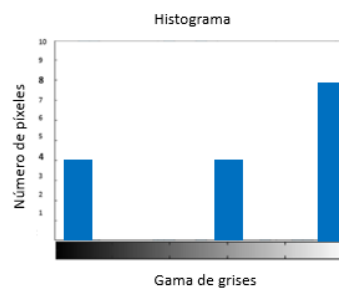
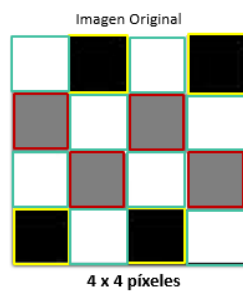
Entropía =7.189929E+00



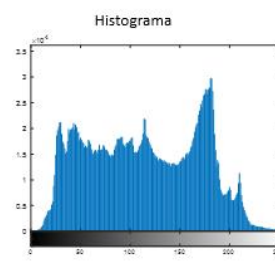
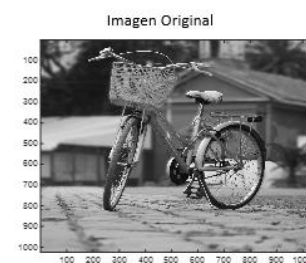
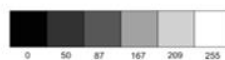
Modelado de Histograma

Histograma de una imagen:

Función que contabiliza el número de píxeles de cada nivel de gris en una imagen.



Modelado de Histograma



Modelado de Histograma

Un histograma no contiene información espacial de la imagen.

Imagen 1

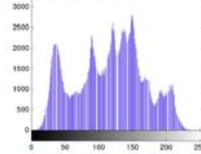


Imagen 2

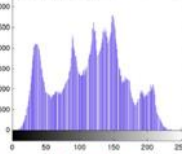


Mismo número de píxeles con los mismos valores de gris.

Histograma



Histograma



Histogramas iguales para imágenes con distinto aspecto.



Modelado de Histograma

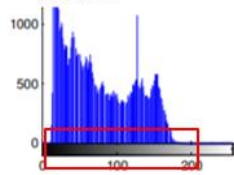
Imagen Original



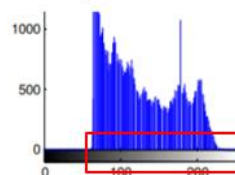
Imagen Original + BRILLO



Histograma



Histograma



En el histograma los valores de los píxeles quedan desplazados a la derecha.



Ruido Digital

El **ruido digital** es la variación aleatoria del brillo o el color en las imágenes digitales.

Imagen Original



Imagen Original + Ruido

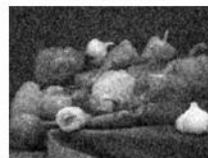


Imagen Original + Ruido

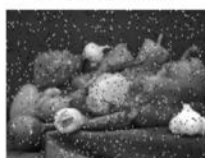


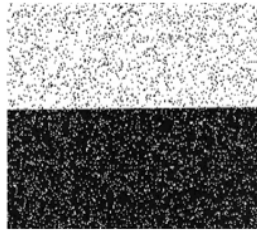
Imagen Original + Ruido



Ruido 'Sal y Pimienta'

- Los píxeles nuevos de la imagen con ruido son muy diferentes en color e intensidad a los píxeles de alrededor.
- Este ruido afecta a una pequeña cantidad de píxeles de la imagen.
- Encontraremos puntos blancos sobre puntos **negros** y negros sobre **blancos**.

Ruido 'Sal y Pimienta'

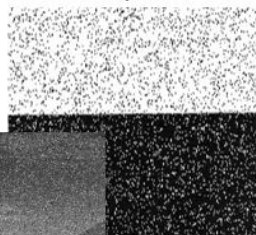


Ruido 'Sal y Pimienta'

Imagen Original



Ruido 'Sal y Pimienta'



Ruido de la luminancia

- Variaciones de luminosidad en la imagen.
- Visible en superficies que deberían tener un color uniforme.

Imagen Original



Ruido de la luminancia



Ruido de la crominancia

- Aparecen píxeles de colores de manera aleatoria. Píxeles **rojos**, **verdes** y **azules**.
- Generalmente es el ruido más fácil de eliminar.

Ruido de la crominancia



Ruido de la crominancia

Imagen Original

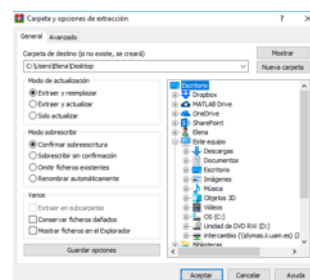


Ruido de la crominancia



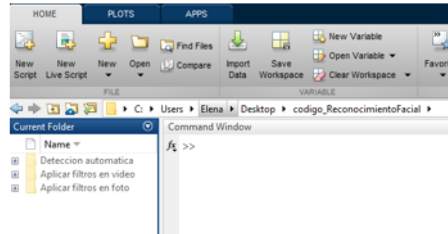
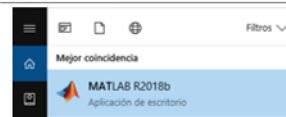
Descargar material

- Google Chrome
 - <https://quieroseringenierauam.es/>
 - Recursos – Material para las prácticas
 - Material para
- Descomprimir el archivo
 - Carpeta Descargas
 - Extraer Ficheros...
- Carpetas:

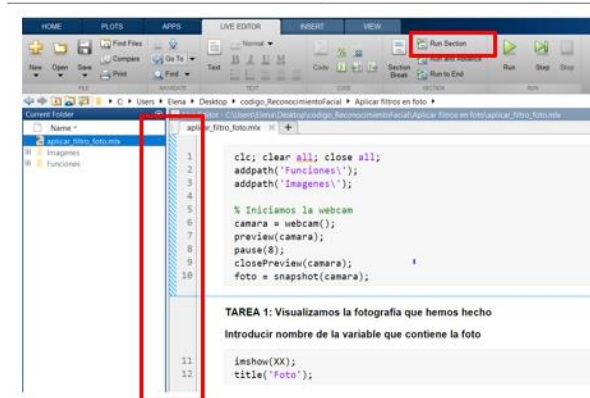


Entorno de trabajo

- Abrimos MATLAB 2018
- Abrimos material descargado



Entorno de trabajo - MATLAB



3. Operadores Puntuales

PRÁCTICA 3 - OPERADORES PUNTUALES

Comandos que nos permiten limpiar todo lo que se haya ejecutado anteriormente.

```
1 clc; clear all; close all;
2 addpath('funciones\');
3 addpath('imagenes\');
```

TAREA 1. Abrir una imagen

'jarrones.jpg'

```
4 imagen = imread('XXX');
```

Representar la imagen

```
5 imshow(imagen);
6 title('Imagen Original')
```



3. Operadores Puntuales

TAREA 2. Convertir imagen a blanco y negro

rgb2gray

```
7 imagen_bn = XXX(imagen);
```

Representar imagen

```
8 imshow(imagen_bn);  
9 title(['Imagen en blanco y negro']);
```

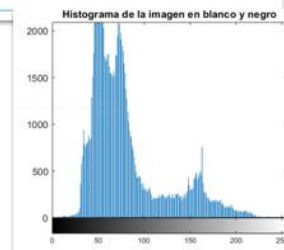


3. Operadores Puntuales

TAREA 3. Representar el histograma de la imagen en BN

imhist

```
10 XXX(imagen_bn);  
11 title('Histograma de la imagen en blanco y negro');
```



3. Operadores Puntuales

TAREA 4. Hallar entropía de la imagen

entropy

```
12 entropia = XXX(imagen_bn)
```

Entropía

La entropía de una imagen es la cantidad de información promedio que contienen los píxeles.



Entropía = 0.000000E+00



Entropía = 7.189229E+00

entropia = 6.8590

3. Operadores Puntuales

TAREA 5. Aplicar un Operador puntual - Operador Umbral Binario

Los pixeles con valor por encima del umbral definido quedaran convertidos a blancos, el resto a negros.

Probamos con los siguientes umbrales:

```
umbral = 100;  
umbral = 150;  
umbral = 200]
```

```
13 umbral = XXX;  
14 imagen_binaria = operador_binario(imagen_bn,umbral);
```

Representar imagen

```
15 imshow(imagen_binaria);  
16 title(['Imagen binaria ']);
```



3. Operadores Puntuales

Umbral = 100



Umbral = 150



Umbral = 200



3. Operadores Puntuales

TAREA 6. Hallar la entropía de la imagen

entropy

```
17 entropia_imagen_binaria = XXX(imagen_binaria)
```

Entropía

La entropía de una imagen es la cantidad de información promedio que contienen los pixeles.



Entropía =0.000000E+00



Entropía =7.189329E+00



3. Operadores Puntuales



3. Operadores Puntuales

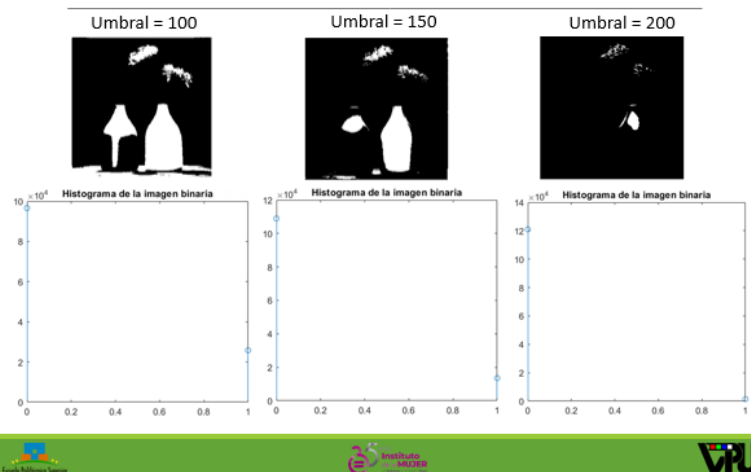
TAREA 7. Representar histograma de la imagen binaria

imhist

```
18 XXX(imagen_binaria);  
19 title('Histograma de la imagen binaria');
```



3. Operadores Puntuales



3. Operadores Puntuales

TAREA 8. Añadir Ruido 'Sal y Pimienta' a la imagen

'salt & pepper'

Probar con los siguientes grados de ruido:

0.1

0.25

0.5

```
20 ruido = 'XXX';  
21 grado_ruido = XXX;  
22 imagen_ruido = imnoise(imagen_bn,ruido,grado_ruido);  
23
```

Representar imagen

```
24 imshow(imagen_ruido);  
25 title(['Imagen con Ruido Sal y Pimienta']);
```



3. Operadores Puntuales

grado ruido = 0,1



grado ruido = 0,25



grado ruido = 0,5



3. Operadores Puntuales

TAREA 9. Hallar la entropía de la imagen

entropy

```
26 entropia_imagen_ruido = XXX(imagen_ruido)
```

Entropía

La entropía de una imagen es la cantidad de información promedio que contienen los píxeles.



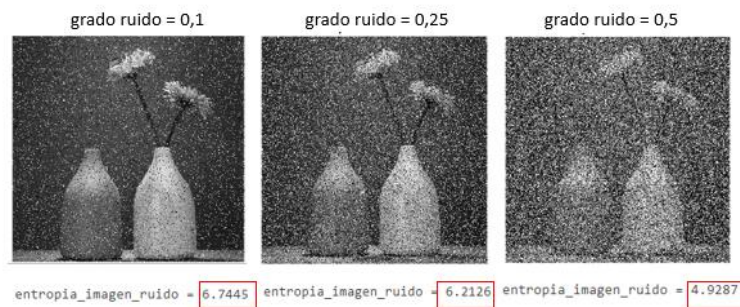
Entropía =0.000000E+00



Entropía =7.189929E+00



3. Operadores Puntuales



¿Por qué la entropía **aumenta** cuando aumentamos el grado de ruido 'Sal y Pimienta'?

3. Operadores Puntuales

TAREA 10: Añadir Ruido 'Gaussiano' a la imagen

'gaussian'

Probamos con siguientes grados de ruido:

0.1|

0.25

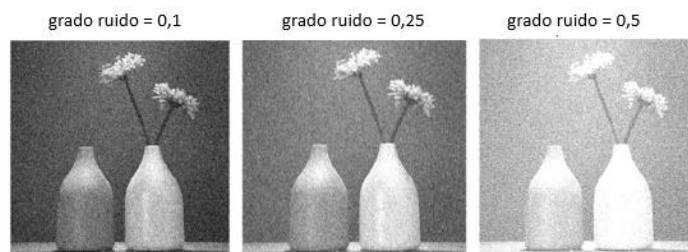
0.5

```
27 ruido = 'XXX';  
28 grado_ruido= XXX;  
29 imagen_ruido = imnoise(imagen_bn, ruido, grado_ruido);  
30
```

Representar imagen

```
31 imshow(imagen_ruido);  
32 title(['Imagen con Ruido Gaussiano']);
```

3. Operadores Puntuales



3. Operadores Puntuales

TAREA 11. Hallar la entropía de la imagen

entropy

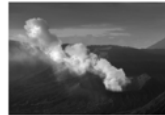
```
33 entropia_imagen_ruido = XXX(imagen_ruido)
```

Entropía

La entropía de una imagen es la cantidad de información promedio que contienen los píxeles.



Entropía =0.000000E+00



Entropía =7.189329E+00



VU



3. Operadores Puntuales

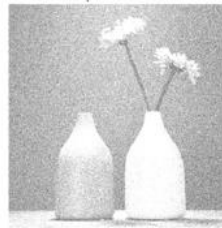
grado ruido = 0,1



grado ruido = 0,25



grado ruido = 0,5



entropia_imagen_ruido = 7.4898 entropia_imagen_ruido = 7.3387 entropia_imagen_ruido = 6.4428

¿Por qué la entropía **disminuye** cuando aumentamos el grado de ruido 'Gaussiano'?

